ĐỘNG LỰC TÀU THUỶ

LỜI NÓI ĐẦU

Với sự phát triển không ngừng của ngành kinh tế vận tải sông biển, thì việc nghiên cứu và cải tiến các loại thiết bị đẩy tàu đóng một vai trò hết sức quan trọng. Bởi lẽ chúng có liên quan trực tiếp tới các chỉ tiêu kinh tế và khai thác của mỗi con tàu cụ thể.

Sự phát triển của ngành đóng mới, nhất là trong lĩnh vực thiết bị đẩy tàu vào những năm gần đây đã đem lại những thay đổi về chất. Trong thực tế đã có thể giải được một loạt bài toán mới như mô tả bề mặt cánh chong chóng bằng toán học cần cho việc lập chương trình điều khiển các máy công cụ có lắp bộ điều khiển chương trình và tự động vẽ hình để chế tạo chong chóng. Tính toán sức bền cánh chong chóng có để ý đến các đặc tính về mỏi. Nghiên cứu hết sức tỉ mỉ các tính chất dao động của chong chóng và sự tương tác thuỷ động giữa chúng với thân tàu. Xem xét sự làm việc của chong chóng ở các chế độ đặc biệt.

Kỹ thuật điện toán đã được áp dụng rộng rãi vào công việc tính toán kỹ thuật nhằm cung cấp những kiến thức thực tế cho sinh viên trong những trường hợp nó đã có thể loại bỏ được các sơ đồ tính toán bằng tay.

Thời gian gần đây người ta quan tâm nhiều đến việc nghiên cứu kết cấu của dòng chảy ở gần thân tàu và tính toán dòng chảy đó, nhằm đưa ra các biện pháp để nâng cao hiệu quả đẩy và độ tin cậy của thiết bị đẩy cũng như giảm tiếng ồn thuỷ động,...

Sự phát triển của kỹ thuật thực nghiệm cho phép ta nhận được những tư liệu mới trong lĩnh vực này và có giá trị kỹ thuật quan trọng.

Tính chất nổi bật của tập giáo trình này là tài liệu khá tổng quan trong khuôn khổ hạn chế phù hợp với chương trình khoá học thuộc ngành "Đóng và sửa chữa tàu". Nó chứa đựng nhiều chương bổ xung để sử dụng làm tài liệu giáo khoa cho lĩnh vực "Thuỷ khí động học" nói chung.

Để phát huy khả năng tự nghiên cứu của sinh viên cho nên giáo trình này đã hết sức chú ý đến việc nêu bật các quy luật vật lý cơ bản để nói lên sự làm việc của các loại thiết bị đẩy tàu các chứng minh của các đáp số và mối ràng buộc lẫn nhau giữa các phần của giáo trình để tạo ra một cơ sở đáng tin cậy cho việc sáng tạo trong giải quyết công việc kỹ thuật và nghiên cứu khoa học.

Khi viết cuốn sách này chúng tôi xét rằng, sinh viên đã được học các môn cơ chất lỏng, toán và kỹ thuật tính. Như vậy trong nhiều trường hợp tránh được sự trùng lặp và tạo khả năng hướng cho sinh viên vào việc giải bài toán bằng máy tính điện tử.

Thuật ngữ và hệ thống ký hiệu quy ước được dùng phù hợp với sách này để sinh viên sử dụng tham khảo cũng như để đảm bảo sự thống nhất quan niệm trong các phần riêng lẻ của cuốn sách.

Mọi nhận xét và đề nghị cho lần xuất bản sẽ được chúng tôi chân thành cảm ơn.

MỤC LỤC

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

A_0 - Diện tích mặt đĩa chong chóng
A_E - Diện tích mặt nắn phẳng của cánh chong chóng
b - Chiều rộng đường bao nắn phẳng, chiều dài dây cung
của prôphin tiết diện cánh.
D,R - Đường kính, bán kính của chong chóng
d_H,r_H - Đường kính bán kính củ chong chóng
e - Chiều dày lớn nhất của prôphin tiết diện cánh
h_0 - Độ ngập sâu của trục chong chóng dưới mặt nước tự do
P - Bước của tiết diện cánh
Z - Số cánh chong chóng
Z_P - Số lượng trục chong chóng
δ - Chiều dày tương đối của prôphin tiết diện cánh, δ = e/b
φ - Góc bước của tiết diện cánh
v, v_S - Tốc độ tàu, m/s, hải lý/h
v_A - Tốc độ tiến của chong chóng
v_R - Tổng tốc độ dòng (có xét tới các tốc độ cảm ứng) trên phần tử cánh
$\vec{\omega}$ - Véc tơ tốc độ cảm ứng
ω_x, ω_θ - Thành phần dọc trục và tiếp tuyến của tốc độ cảm ứng
n - Vòng quay của chong chóng
Ω - Tốc độ góc quay của chong chóng
J - Bước tiến tương đối của chong chóng
$J = v_A/(nD)$
i_T, i_Q - Hệ số ảnh hưởng của trường tốc độ không
đồng đều tới lực đẩy và mômen quay
ψ - Hệ số dòng theo định mức
ψ_x, ψ_θ - Thành phần dọc trục và tiếp tuyến của hệ số dòng theo định mức
W_T - Hệ số dòng theo tính toán
t - Hệ số hút
$t = 1 - R\Big/\sum_{Z_P} T_B$
α - Góc tới của prôphin tiết diện cánh
α_I - Góc tới cảm ứng (hoặc góc tới thuỷ động lực)
$\alpha_I = \varphi + \alpha_0 - \beta_I$
α_0 - Góc lực nâng không
β_I - Góc tiến cảm ứng
$\beta_I = \text{arctg}(\lambda_I/\bar{r})$
λ_I - Bước tiến cảm ứng của chong chóng
$\lambda_I = \bar{r}\,(v_A + \omega_x)/(\Omega r - \omega_\theta)$
σ_o - Số xâm thực của chong chóng

$$\sigma_o = 2(P_0 - P_v)/(\rho.\ v^2)$$

C_x - Hệ số cản của phần tử cánh
$C_x = 2X/(\rho.v_R^2.b.1)$
C_y - Hệ số lực nâng của phần tử cánh
$C_y = 2Y/(\rho.v_R^2.b.1)$
C_{PA} - Hệ số tải trọng của chong chóng theo công suất
$C_{PA} = 2P_D/(\rho.v_A^3.A_0)$
C_{TA} - Hệ số tải trọng của chong chóng theo lực đẩy
$C_{TA} = 2T/(\rho.v_A^2.A_0)$
$\vec{F}$ - Véc tơ lực thuỷ động tác dụng lên cánh chong chóng
K_{DE} - Hệ số tải trọng của chong chóng theo lực kéo
$K_{DE} = v.D\Big/\sqrt{T_E/\rho}$
K_{DT} - Hệ số tải trọng của chong chóng theo lực đẩy khi đường kính không đổi
$K_{DT} = J\Big/\sqrt{K_T} = Dv_A/\sqrt{T/\rho}$
K_{NT} - Hệ số tải trọng của chong chóng theo lực đẩy khi vòng quay không đổi
$K_{NT} = J\Big/\sqrt[4]{K_T} = v_A\Big/\left(\sqrt{n}.\sqrt[4]{T/\rho}\right)$
K_Q, K_{QB} - Hệ số mômen quay của chong chóng trong nước tự do và sau thân tàu
$\vec{M}$ - Véc tơ mômen của lực thuỷ động tác dụng lên cánh chong chóng
P_D - Công suất do chong chóng tiêu thụ, KW
$P_D = \Omega.Q.10^{-3}$
P_E - Công suất kéo của tàu, KW
$P_E = v.R.10^{-3}$
P_S - Công suất trên mặt bích của động cơ hoặc bộ giảm tốc, KW
Q, Q_B - Mômen quay của chong chóng trong nước tự do và sau thân tàu
T, T_B - Lực đẩy của chong chóng trong nước tự do và sau thân tàu
T_E - Lực kéo của chong chóng, $\sum_{Z_P} T_E = R$
ε - Hệ số chất lượng ngược của phần tử cánh
$\varepsilon = C_X/C_Y$
η_0 - Hiệu suất của chong chóng làm việc trong nước tự do
$\eta_0 = (\lambda_t / 2)(K_T / K_Q)$
η_D - Hiệu suất đẩy của chong chóng
$\eta_D = P_E / P_D = \eta_0\eta_H / i_Q$
η_H - Hiệu suất ảnh hưởng của thân tàu
$\eta_H = (1 - t) / (1 - W_T)$
η_S - Hiệu suất đường trục
η_Π - Hiệu suất bộ truyền động (bộ giảm tốc, bộ tải điện . . .)
η_I - Hiệu suất cảm ứng của chong chóng

PHẦN 1
LỰC CẢN CHUYỂN ĐỘNG CỦA TÀU

Chương 1
KHÁI NIỆM CHUNG VỀ LỰC CẢN CHUYỂN ĐỘNG CỦA TÀU

1.1. ĐỐI TƯỢNG CỦA MÔN HỌC

Một trong những tính chất hành hải quan trọng nhất của tàu là tính di động, nghĩa là khả năng phát huy được vận tốc lớn nhất khi sử dụng hiệu quả công suất đã cho của thiết bị năng lượng chính. Tính di động phụ thuộc vào kích thước, kết cấu, hình dáng thân tàu, trạng thái của vỏ tàu, loại động cơ, công suất và đặc tính của động cơ cũng như các điều kiện chuyển động. Tính di động không thể được xem xét biệt lập với tính nổi, tính ổn định, tính chòng chành và tính ăn lái. Để đánh giá tính di động trong các điều kiện khác nhau phải có số liệu về lực cản chuyển động của tàu, các đặc tính của thiết bị đẩy hoặc của tàu kéo tạo lực kéo để kéo tàu. Sự làm việc của bất cứ loại thiết bị đẩy nào tuỳ mức độ có ảnh hưởng đến cấu trúc của dòng chảy bao quanh thân tàu và làm thay đổi lực cản chuyển động của tàu. Tuy nhiên thường thường lực cản thân tàu được xem xét bỏ qua ảnh hưởng của thiết bị đẩy, còn lực bổ sung do ảnh hưởng đó và lực cản của bản thân thiết bị đẩy được xem xét riêng biệt khi tính toán hiệu suất của thiết bị đẩy.

Trong giáo trình ta xem xét các nguyên nhân gây ra lực cản chuyển động, sự thay đổi các lực đó, các phương pháp xác định, các biện pháp thay đổi và giảm lực cản. Do vậy ta phải nghiên cứu cấu trúc của dòng chảy ở gần thân tàu, từ đó phụ thuộc quá trình phát sinh lực cản.

Những số liệu nhận được từ kết quả tính toán lực cản, những khuyến nghị về các phương pháp giảm lực cản được dùng trong thiết kế tàu khi chọn các kích thước chính, hình dáng thân tàu, tính toán thiết bị đẩy và chọn thiết bị năng lượng chính.

Hiện nay trong nghiên cứu lực cản chuyển động của tàu người ta dùng phương pháp nghiên cứu lý thuyết và phương pháp nghiên cứu thực nghiệm. Tính toán lực cản chuyển động của tàu là một trong các vấn đề của bài toán ngoài của cơ chất lỏng để xác định lực thuỷ động của chất lỏng chảy bao vật thể.

Các ký hiệu quy ước

B - Chiều rộng tàu

b - Chiều rộng kênh, dây cung của profin

C, C_x - Hệ số lực cản toàn phần

C_A - Hệ số lực cản do độ nhám

C_{AA} - Hệ số lực cản không khí

C_{AP} - Hệ số lực cản phần nhô

C_E - Hệ số hải quân

C_F - Hệ số cản ma sát

C_{Fo} - Hệ số cản ma sát của tấm nhẵn tương đương

C_f - Hệ số cản ma sát cục bộ

C_i - Hệ số cản cảm ứng
C_H - Hệ số cản lỗ, hốc
C_P - Hệ số cản áp lực
C_R - Hệ số cản dư
C_S - Hệ số cản toé nước
C_V - Hệ số cản nhớt
C_{VP} - Hệ số cản hình dáng
C_W - Hệ số cản sóng
C_{WB} - Hệ số cản phá sóng mũi
C_y - Hệ số lực nâng
D - Trọng lực (Trọng lượng tàu)
Fr, Fr_V, Fr_H, Fr_B - Số Frút và các biến thể của nó
H - Chiều sâu luồng lạch
K -Tỉ lệ xích của mô hình
K_ϕ - Hệ số hình dáng của lực cản nhớt
K_S - Chiều cao mô nhám
L - Chiều dài tàu
P_E - Công suất kéo
$\overline{P}$ - Hệ số áp lực
R, R_x - Lực cản toàn phần
R_y - Lực nâng
Re, Re*, Re** - Số Râynol và các biến thể của nó
S - Diện tích cánh
T - Chiều chìm tàu
V - Thể tích lượng chiếm nước
v, v_x, v_y, v_z - Tốc độ và các thành phần của nó
α - Góc vào nước (góc tới) của cánh
δ - Chiều dày lớp biên
δ^* - Chiều dày nén của lớp biên
δ^{**} - Chiều dày tổn thất xung của lớp biên
ν - Hệ số nhớt động học của chất lỏng
ρ - Khối lượng riêng của chất lỏng
σ - Số xâm thực
ϕ, φ - Thế vận tốc
Ω - Diện tích mặt ướt của tàu

1.2. LỰC CẢN CHUYỂN ĐỘNG CỦA TÀU THUỶ VÀ CÁC THÀNH PHẦN CỦA LỰC CẢN

Khi tàu chuyển động trong chất lỏng sẽ xuất hiện lực thuỷ động, mà trị số của nó phụ thuộc vào khối lượng riêng và độ nhớt của chất lỏng.

Khối lượng riêng - kí hiệu ρ, đơn vị kg/m^3. Khối lượng riêng của nước ít thay đổi khi thay đổi áp lực, vậy nước coi như không nén được và đồng nhất, song khối lượng riêng của nước lại thay đổi nhiều theo nhiệt độ.

Trong ngành đóng tàu ta sử dụng số liệu của Liên Bang Nga.

* Ở nhiệt độ t = 4^{o}C:

- Đối với nước ngọt ρ = 1000 kg/m^3
- Đối với nước mặn ρ = 1025 kg/m^3
* Ở nhiệt độ t = 15^{o}C và áp suất 760 mmHg
- Khối lượng riêng của không khí ρ_A = 1,226 kg/m^3

Trọng lượng riêng của chất lỏng - kí hiệu γ, đơn vị N/ m^3

$$\gamma = \rho.g \tag{1.2.1}$$

Đối với nước ngọt γ = 9810 N/ m^3

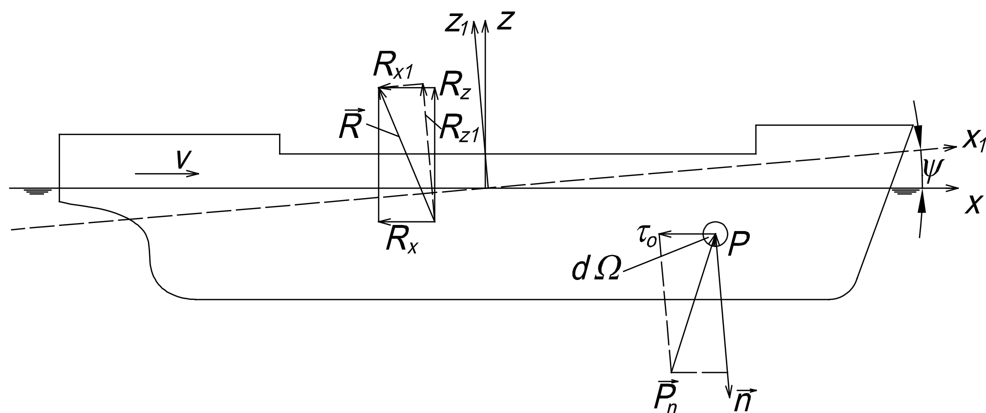
g - gia tốc rơi tự do g = 9,81 m/s^2

Hệ số nhớt động lực - kí hiệu μ, đơn vị kg/m.s. Là đại lượng đặc trưng cho tính chất từng loại chất lỏng μ ít thay đổi theo áp suất, nhưng lại thay đổi nhiều theo nhiệt độ.

Hệ số nhớt động học - kí hiệu ν, đơn vị m^2/s là gia tốc của lực nhớt xuất hiện trong chất lỏng

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \tag{1.2.2}$$

Do tác dụng tương hỗ giữa tàu và chất lỏng, nên dọc theo mặt ướt Ω hệ lực mặt xuất hiện và phân bố liên tục. Tại mỗi điểm trên Ω véctơ cường độ của lực mặt là $\overrightarrow{P_n}$



Hình 1.1. ***Hệ toạ độ khảo sát chuyển động của tàu.***

Hình chiếu của $\overrightarrow{P_n}$ lên phương pháp tuyến $\vec{n}$ của phân tố diện tích dΩ là áp lực thuỷ động *p*

Còn hình chiếu của $\overrightarrow{P_n}$ lên phương của đường dòng đi qua dΩ là ứng suất tiếp τ_o

p và τ_o có thể đo trực tiếp hoặc tính toán bằng các quan hệ trong cơ chất lỏng.

Nước tác dụng lên phần ngâm nước của tàu là lực thuỷ động, còn không khí tác dụng lên phần khô của tàu là lực khí động, vậy tổng hợp các lực kể trên trên bề mặt của tàu gọi là lực thuỷ khí động học.

Lực thuỷ khí động học là một hệ thống lực mặt, vì vậy có thể chuyển nó về một véctơ chính $\vec{R}$ và một mômen chính $\vec{M}$ xác định theo các công thức (1.2.3) và (1.2.4)

$$\overrightarrow{R} = \int_{\Omega} \overrightarrow{P_n} d\Omega \qquad (1.2.3)$$

$$\overrightarrow{M} = \int_{\Omega} \left(\overrightarrow{P_n} \times \vec{r}\right) d\Omega \qquad (1.2.4)$$

Trong đó $\vec{r}$ - véctơ bán kính của $d\Omega$ đối với tâm quy chiếu đã chọn.

Để nghiên cứu tính di động của tàu người ta gắn lên tàu trục toạ độ di động $x_1y_1z_1$, trong đó:

- Trục x_1 hướng về phía mũi tàu
- Trục y_1 hướng về phía mạn phải
- Trục z_1 hướng lên trên

Còn gốc toạ độ thay đổi vị trí trong không gian.

Ngoài ra người ta còn sử dụng hệ toạ độ xyz, trong đó:

- Trục x hướng theo vận tốc $\vec{v}$ của tàu
- Trục y hướng về phía mạn phải
- Trục z hướng lên trên

Hai hệ toạ độ $x_1y_1z_1$ và xyz sẽ trùng nhau khi tàu không chuyển động. Còn khi tàu chuyển động hai trục x_1 và x tạo với nhau một góc ψ - gọi là góc chúi hành trình.

Nếu chiếu véctơ chính của lực thuỷ khí động học $\overrightarrow{R}$ lên các trục toạ độ ta được:

- Hình chiếu R_x - Gọi là lực cản chuyển động của tàu
- Hình chiếu R_y - Gọi là lực dạt ngang của tàu
- Hình chiếu R_z - Gọi là lực nâng

Vậy "Lực cản chuyển động của tàu là hình chiếu của lực thuỷ khí động lực lên phương chuyển động của tàu".

Môn học này ta chỉ xét lực cản trong chuyển động tịnh tiến thẳng của tàu

Trong hệ toạ độ trên ta có:

$$R_x = R_{x1}\cos\psi + R_{z1}\sin\psi \qquad (1.2.5)$$

Vì véctơ $\overrightarrow{P_n}$ được phân thành hai thành phần pháp tuyến *p* và tiếp tuyến τ_o nên lực cản cũng có thể viết dưới dạng tổng hai thành phần (Xem 1.2.6)

$$R_x = \int_{\Omega} \left[p\cos(p,x) + \tau_o \cos(\tau_o, x)\right] d\Omega \qquad (1.2.6)$$

Công thức (1.2.6) phân chia lực cản thành hai thành phần:

- Lực cản ma sát:

$$R_F = \int_{\Omega} \tau_o \cos(\tau_o, x) d\Omega \qquad (1.2.7)$$

Nguyên nhân xuất hiện lực cản ma sát R_F là do ảnh hưởng độ nhớt của chất lỏng gây ma sát vào vỏ tàu làm xuất hiện ứng suất tiếp τ_o

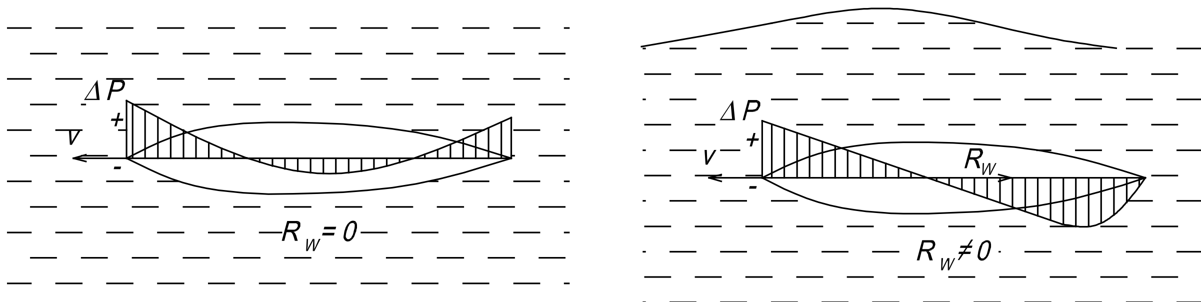
- Lực cản áp lực:

$$R_p = \int_{\Omega} p\cos(p,x) d\Omega \qquad (1.2.8)$$

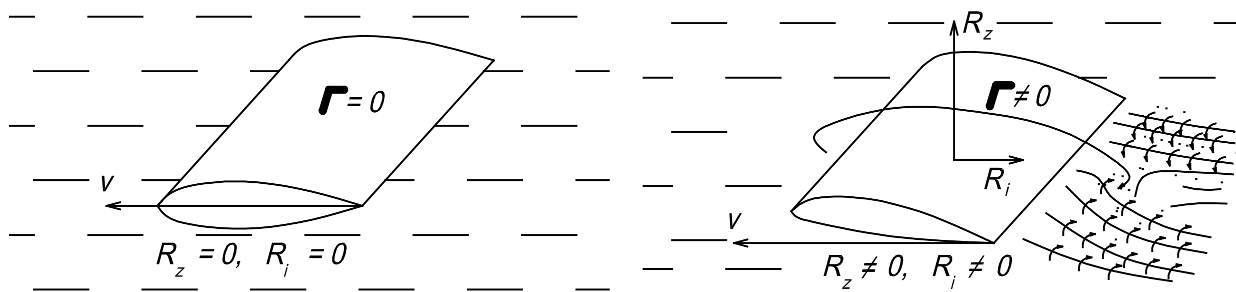
Dựa vào các hiện tượng vật lý thì nguyên nhân xuất hiện thành phần lực cản áp lực có thể giải thích như sau:

Theo cơ học chất lỏng thì vật thể có kích thước hữu hạn chuyển động tịnh tiến với vận tốc không đổi trên mặt tự do vô hạn của chất lỏng không nhớt thì vật thể đó không chịu lực cản chuyển động (Theo định lý Ơle).

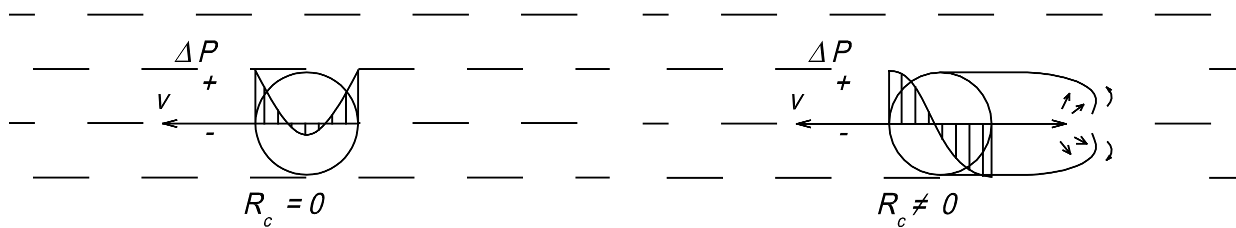
Vật thể khi chuyển động chỉ xuất hiện lực cản chỉ khi trường vận tốc ở phía trước và phía sau vật thể là khác nhau.



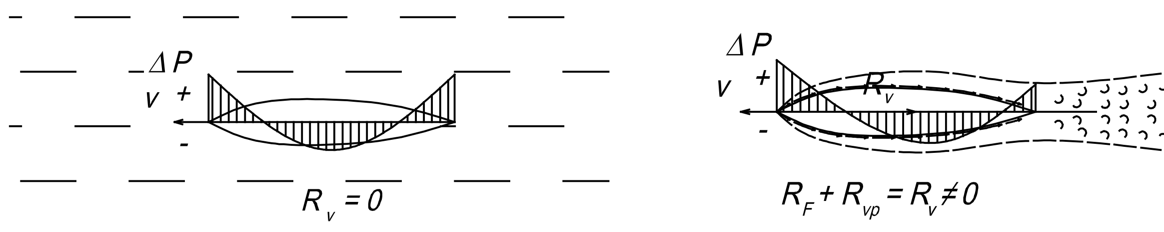
a.



b.



c.



d.

Hình 1.2. ***Sơ đồ mô tả nguyên nhân xuất hiện các thành phần của lực cản.***

* Xét vật thể chuyển động ở gần hoặc ở mặt tự do của chất lỏng (Xem H 1.2.a) dưới tác dụng của trọng lực thì vật thể sẽ tạo ra trên mặt tự do của chất lỏng một hệ thống sóng do các phần tử chất lỏng tách ra từ vị trí cân bằng dẫn tới sự thay đổi của trường vận tốc và áp suất dọc theo bề mặt vật thể. Hình chiếu của áp lực sóng lên phương chuyển động gọi là lực cản sóng lên phương chuyển động gọi là lực cản sóng R_W. Công của vật thể sinh ra để thắng lực cản sóng được tiêu tốn cho sự tạo thành năng lượng sóng.

* Các tàu béo hoặc tàu chạy không tải người ta thấy các sóng ở phần nước mũi tàu bị san gần phẳng kéo theo sự tạo thành các bọt. Quá trình đó đã làm tăng thêm lực cản sóng và thành phần lực cản đó gọi là lực cản phá sóng mũi R_{WB}.

* Khi vật thể chuyển động ta thấy rõ nhất ở phần mũi tàu có các tia nước hắt ra từ hai bên mạn. Các tia nước đó tạo thành phản lực, mà hình chiếu của phản lực đó lên phương chuyển động gọi là lực cản toé nước R_S. Loại lực cản này đặc trưng cho các tàu chạy nhanh.

* Theo lý thuyết cánh nếu vật thể có dạng hình cánh khi chuyển động có lưu số vận tốc thì sẽ phát sinh lực nâng trên cánh. Sự làm việc của cánh có thể thay bằng một hệ thống xoáy, hệ thống này sẽ tạo ra các xoáy tự do sau cánh (Xem H 1.2.b). Hệ thống xoáy gây ra vận tốc thẳng đứng làm lệch đường dòng nên áp lực thuỷ động xuất hiện trên cánh, mà hình chiếu lên phương chuyển động gọi là lực cản cảm ứng R_i. Công để thắng lực cảm ứng được tiêu tốn cho sự tạo thành năng lượng xoáy. Lực cản cảm ứng xuất hiện trên các cánh của tàu ngầm và các phần nhô thân tàu.

* Nếu vật thể chuyển động với vận tốc lớn thì trên bề mặt vật xuất hiện sự xâm thực (Sự xâm thực là hiện tượng hình thành và phát triển trên bề mặt vật thể các bọt chứa đầy không khí hoặc hơi nước bão hoà) (Xem H 1.2.c). Sự xâm thực đã làm cho trường vận tốc và áp suất dọc theo bề mặt vật thể thay đổi làm xuất hiện lực cản xâm thực R_c. Công để thắng lực cản xâm thực được tiêu tốn cho sự duy trì các bọt khí hoặc hơi, nghĩa là cho sự thay đổi trường vận tốc so với trường hợp chảy vòng liên tục (Xem H 1.2.c).

Quá trình xuất hiện các thành phần lực cản R_W, R_{WB}, R_S, R_i, R_c ít phụ thuộc vào độ nhớt của chất lỏng, do vậy phương pháp tính toán lý thuyết có thể dựa vào mô hình chất lỏng không nhớt.

* Do ảnh hưởng của độ nhớt quy luật phân bố áp suất trên bề mặt vật thể thay đổi so với trường hợp chảy vòng trong chất lỏng không nhớt. Độ nhớt làm hình thành lớp biên dọc theo mặt vật thể và tạo nên dòng theo. Dòng theo là những vết thuỷ động ở sau vật thể làm cấu trúc của trường vận tốc ở phía trước và sau vật thể trong chất lỏng nhớt là khác nhau. Dòng theo ở sau vật thể là vùng chảy rối tạo xoáy (Xem H 1.2.d) làm giảm áp suất ở vùng đuôi vật thể so với chất lỏng không nhớt và phát sinh áp suất tổng hợp gọi là lực cản áp suất nhớt hoặc lực cản hình dáng R_{VP}.

Vậy lực cản do ứng suất tiếp τ_o gây ra gọi là lực cản ma sát R_F. Công để thắng lực cản ma sát được tiêu tốn cho sự tạo thành lớp biên và dòng theo.

Lực cản hình dáng và ma sát xuất hiện do độ nhớt của chất lỏng và chúng tạo thành lực cản nhớt $R_V = R_{VP} + R_F$.

Từ các điều kể trên thì lực cản của nước đối với chuyển động của tàu có thể viết dưới dạng tổng:

$$R_x = R_F + R_P = R_F + R_{VP} + R_W + R_{WB} + R_S + R_i + R_c \quad (1.2.9)$$

Dạng (1.2.9) không phải lúc nào cũng xuất hiện đồng thời, có thể có trường hợp vài thành phần không có.

Cơ sở vật lý để phân chia lực cản ra các thành phần là điều rất cần thiết để xây dựng các phương pháp lý thuyết, thực nghiệm và những nguyên tắc mô hình hoá.

Do khối lượng riêng của nước và không khí là khác nhau, do vậy tổng lực cản được chia thành lực cản của nước và lực cản không khí R_{AA}.

Vậy có hai nguyên nhân cơ bản để tạo nên lực cản đó là ảnh hưởng của độ nhớt của chất lỏng và sự tạo sóng:

$$R_x = R_V + R_W + R_{AA} \tag{1.2.10}$$

Để nghiên cứu các tính chất của các thành phần lực cản người ta sử dụng giả thiết về sự độc lập của chúng. Theo giả thiết đó thì các quá trình vật lý gây ra từng thành phần của tổng lực cản là độc lập nhau, nghĩa là quá trình tạo sóng độc lập với độ nhớt của chất lỏng, và lực nhớt cũng sẽ không ảnh hưởng tới quá trình tạo sóng, ngoài ra những hiện tượng xảy ra trong nước không ảnh hưởng tới lực cản không khí.

1.3. NHỮNG CÔNG THỨC CHUNG ĐỂ TÍNH TOÁN LỰC CẢN VÀ CÔNG SUẤT KÉO CỦA TÀU

Trong quá trình nghiên cứu và tính toán lực thuỷ động, mô men của lực thuỷ động cần phải có sự tương quan đầy đủ về kết cấu dòng chảy của chất lỏng bao quanh mô hình và tàu thực. Sự tương quan đó gọi là đồng dạng động lực học của dòng chảy. Các tham số chung không đổi được gọi là các chuẩn đồng dạng của dòng chảy, các chuẩn này được xác định từ lý thuyết đồng dạng.

Dòng chảy của chất lỏng chảy vòng vật thể đồng dạng hình học, được gọi là đồng dạng động lực học nếu ở các điểm tương ứng có sự bằng nhau của các lực thuỷ động không thứ nguyên, cũng như đảm bảo phương của các véc tơ vận tốc và lực thuỷ động (nghĩa là hình dáng đường dòng tạo xoáy và tạo sóng trong các dòng chảy đó là đồng dạng động học)

Trị số liên quan tới các kích thước tương ứng gọi là tỉ lệ xích đồng dạng hình học:

$$K = \frac{L_M}{L_H} \tag{1.3.1}$$

L - Kích thước đặc trưng cho chiều dài của vật thể

M - Chỉ số ứng với mô hình

K - Chỉ số ứng với tàu thực.

Qua phân tích chuyển động cho thấy rằng: Sự đảm bảo đồng dạng hình học và động lực học của chất lỏng không nén được dưới tác dụng của trọng lực khi chảy vòng mô hình và tàu thực nếu chiều dài L, vận tốc v, thời gian T và hệ số nhớt động học ν đồng thời thoả mãn ba mối quan hệ sau:

$$\frac{v_M}{\sqrt{gL_M}} = \frac{v_H}{\sqrt{gL_H}} \tag{1.3.2}$$

$$\frac{v_M L_M}{\nu_M} = \frac{v_H L_H}{\nu_H} \tag{1.3.3}$$

$$\frac{L_M}{v_M T_M} = \frac{L_H}{v_H T_H} \tag{1.3.4}$$

* Biểu thức không thứ nguyên $Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}}$ gọi là số Frút. Nó đặc trưng cho lực quán tính và trọng lực của dòng chảy của chất lỏng. Nếu $Fr_M = Fr_H$ thì hình ảnh tạo sóng và lực cản sóng là đồng dạng đối với hai vật thể đồng dạng hình học với nhau.

Trong tính toán số Fr đôi khi được biễu diễn qua đại lượng $\frac{v}{\sqrt{L}}$ gọi là vận tốc tương đối có thứ nguyên. Trong những trường hợp đặc biệt (chẳng hạn xét về chế độ chuyển động của tàu) thì chiều dài đặc trưng có thể lấy bằng $V^{1/3}$, trong đó V = D/ρg

$\Rightarrow Fr_V = \frac{v}{\sqrt{g\sqrt[3]{V}}}$;

Hay $Fr_V = Fr\sqrt{\psi}$, trong đó $\psi = \frac{L}{\sqrt[3]{V}}$ gọi là chiều dài tương đối của tàu.

* Biểu thức không thứ nguyên $Re = \frac{vL}{\nu}$ gọi là số Râynol. Nó đặc trưng cho quan hệ giữa lực quán tính và lực nhớt trong dòng chảy của chất lỏng. Nếu đảm bảo sự bằng nhau của các số Râynol ($Re_M = Re_H$) ta sẽ lập được sự đồng dạng của lực cản nhớt, kết cấu lớp biên, dòng theo của tàu thực và mô hình đồng dạng hình học.

* Biểu thức không thứ nguyên $Sh = \frac{L}{vT}$ gọi là số Struhan. Nó đặc trưng về động lực học của dòng chảy thay đổi theo thời gian. Nó cho phép ta so sánh các lực và quá trình chảy vòng có gia tốc của chất lỏng. Khi vật thể chuyển động không có gia tốc thì số Struhan không xác định và không cần xét tới.

* Ứng suất tiếp τ_o và áp suất *p* của lực mặt được đặc trưng bằng các hệ số không thứ nguyên sau:

- Số ơle đặc trưng cho áp suất *p* trong dòng chảy

$$Eu = \frac{2p}{\rho v^2} \qquad (1.3.5)$$

- Hệ số áp suất:

$$\bar{p} = \frac{2(p - p_o)}{\rho v^2} \qquad (1.3.6)$$

trong đó p_0 là áp suất thuỷ tĩnh.

- Quan hệ giữa hệ số ma sát cục bộ và ứng suất tiếp:

$$C_f = \frac{2\tau_o}{\rho v^2} \qquad (1.3.7)$$

Dòng chảy của chất lỏng nhớt bao quanh mô hình và tàu thực đồng dạng hình học sẽ có đồng dạng động lực học nếu các số Fr, Re, Sh của các dòng chảy đó bằng nhau. Còn Eu, $\bar{p}$, C_f không phải là các tiêu chuẩn đồng dạng, mà chúng chỉ có vai trò thứ yếu và chỉ được xét trong những trường hợp riêng (chẳng hạn dòng chảy bị xâm thực thì áp suất trong các bọt khí bằng áp suất hơi nước bão hoà $p = p_v$). Khi $p = p_v$ sẽ xuất hiện xâm thực, lúc đó Eu được biểu diễn qua số xâm thực:

$$\sigma = \frac{2(p - p_v)}{\rho v^2} \qquad (1.3.8)$$

Để đảm bảo sự đồng dạng của các dòng chảy rối ta dựa vào độ rối ε_T của dòng chảy:

$$\varepsilon_T = \frac{\sqrt{\left(\overline{v'}\right)^2}}{v} \tag{1.3.9}$$

Khi xét tới ảnh hưởng của sức căng bề mặt ta dùng hệ số căng bề mặt σ_H. Xét ảnh hưởng của lực cản toé nước ta dùng số Webe:

$$We = \frac{\sigma_H}{\rho L v^2} \tag{1.3.10}$$

Để tìm công thức chung để tính lực cản ta biểu diễn trị số áp suất và ứng suất tiếp qua Eu và C_f.

Vậy công thức (1.2.6) được viết lại:

$$R_x = 0{,}5\rho v^2 \int_\Omega \left[Eu\cos(p,x) + C_f\cos(\tau_o,x)\right]d\Omega \tag{1.3.11}$$

Chuyển tích phân (1.3.11) về dạng không thứ nguyên, muốn vậy đưa diện tích Ω vào hàm giải tích, ta sẽ được tích phân không thứ nguyên và kí hiệu là C_x:

$$C_x = \int_\Omega \left[Eu\cos(p,x) + C_f\cos(\tau_o,x)\right]\frac{d\Omega}{\Omega} \tag{1.3.12}$$

Lúc đó (1.3.11) sẽ có dạng:

$$R_x = \frac{1}{2}C_x\rho v^2\Omega \tag{1.3.13}$$

Trong công thức (1.3.13) thì C_x = f(Fr, Re, Sh) gọi là hệ số lực cản ở những vật thể đồng dạng hình học có cùng phương chiều của vận tốc chuyển động thì các hệ số lực cản của chúng sẽ bằng nhau $C_{xM} = C_{xH}$ nếu

$$Fr_M = Fr_H,\ Re_M = Re_H \text{ và } Sh_M = Sh_H \tag{1.3.14}$$

Từ (1.3.13) và (1.3.14) ta có:

$$\frac{2R_{xM}}{\rho_M v_M^2\Omega_M} = \frac{2R_{xH}}{\rho_H v_H^2\Omega_H}$$
$$\Rightarrow R_{xH} = R_{xM}\left(\frac{\rho_H v_H^2}{\rho_M v_M^2}\right)\left(\frac{1}{K^2}\right) \tag{1.3.15}$$

Biểu thức (1.3.13) cũng đúng cho các thành phần còn lại của lực thuỷ động:

$$R_y = \frac{1}{2}C_y\rho v^2\Omega \tag{1.3.16}$$

$$R_z = \frac{1}{2}C_z\rho v^2\Omega \tag{1.3.17}$$

Trong đó C_y, C_z tương ứng là hệ số lực dạt và hệ số lực nâng thuỷ động theo phương thẳng đứng.

Mô men thuỷ động sẽ bằng:

$$M = \frac{1}{2}m\rho v^2\Omega.L \tag{1.3.18}$$

Trong đó m = f(Fr, Re, Sh) là hệ số mô men thuỷ động không thứ nguyên

Trong tính toán có thể tuỳ từng trường hợp mà thay diện tích Ω bằng các diện tích đặc trưng khác:

$$R_x = \frac{1}{2} C_x \rho v^2 \Omega = \frac{1}{2} C_{x1} \rho v^2 \omega_{\otimes} = \frac{1}{2} C_{x2} \rho v^2 V^{2/3} \quad (1.3.19)$$

Các thành phần lực cản cơ bản R_V và R_W có thể xác định tương tự như (1.3.13)

$$R_x = R_V + R_W$$

$$\Rightarrow R_x = \frac{1}{2}(C_V + C_W)\rho v^2 \Omega \quad (1.3.20)$$

Trong đó C_V và C_W tương ứng là hệ số lực cản nhớt và hệ số lực cản sóng $C_V = f(Re)$ còn $C_W = f(Fr)$ theo giả thiết sự độc lập của các thành phần lực cản.

Lực cản tỉ lệ bình phương với vận tốc.

Cùng với lực cản trong quá trình nghiên cứu thiết bị đẩy và thiết bị năng lượng của tàu người ta dùng khái niệm công suất kéo của tàu P_E là công suất phải sản ra để kéo tàu với vận tốc đã cho. Trị số công suất kéo được xác định theo công thức sau:

$$P_E = R_x v \quad (1.3.21)$$

- Trị số công suất kéo của tàu P_E là hàm số bậc ba của vận tốc, còn đơn vị của công suất kéo là *W* (*kW*).

- Đối với tàu sông thì vận tốc tính bằng *km/h*, còn tàu biển là hải *lý/h*, 1 *hải lý/h* = 1,853 *km/h*.

- Chuyển vận tốc từ *hải lý/h* sang *m/s* ta dùng quan hệ $v = 0{,}514 v_S$. Vận tốc v, *m/s* còn v_S, *hải lý/h*.

- Từ (1.3.21) có xét tới (1.3.13), nếu mẫu số nhân với $V^{2/3}$ và ký hiệu:

$$C_E = \frac{150(0{,}514)^3 D^{2/3}}{C_x \rho \Omega} \quad (1.3.22)$$

ta sẽ được biểu thức tính công suất kéo của tàu cho đơn vị mã lực, *cv*

$$P_E = \frac{(v_S)^3 D^{2/3}}{C_E} \quad (1.3.23)$$

(1.3.23) gọi là công thức hải quân, C_E gọi là hệ số hải quân. Hệ số C_E tỉ lệ nghịch với hệ số C_x.

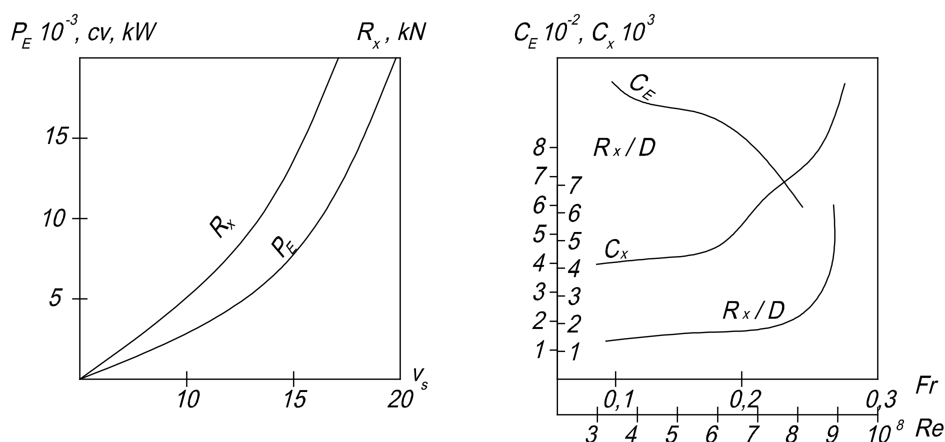
- Đối với tàu biển vận tốc khai thác nhỏ hơn vận tốc thử để đảm bảo dự trữ công suất của tàu khi hoạt động ở những vùng thời tiết xấu.

- Trong thiết kế tàu chiều dài giữa hai đường vuông góc thường nhỏ hơn chiều dài đường nước khoảng $2 \div 3\%$ cho tàu một chong chóng, còn chúng sẽ bằng nhau cho tàu hai chong chóng.

1.4. ĐẶC ĐIỂM THAY ĐỔI LỰC CẢN

Trên cơ sở các phép tính toán hoặc các phép thử ta có thể xác định được lực cản R_x hoặc công suất kéo của tàu P_E. Lực cản R_x hoặc P_E phụ thuộc vào tốc độ chuyển động của tàu v_S hoặc các chuẩn đồng dạng.

Hệ số lực cản C_x, hệ số hải quân C_E và tỉ số R_x/D theo các số Fr và Re.



Hình 1.3. ***Quan hệ giữa R_x, P_E với v_S.***

Quan hệ giữa các thành phần lực cản phụ thuộc vào kích thước hình dáng thân tàu và số Fr cũng như hệ số béo thể tích δ. Tàu có thể chuyển động ở sâu so với mặt thoáng, như vậy nó không chịu ảnh hưởng của mặt tự do.

Tàu có thể vừa cớ phần chìm và phần nổi (tàu ở mặt tự do). Tàu có thể chuyển động ở độ sâu so với mặt thoáng (tàu ngầm). Tàu chuyển động trên mặt tự do (tàu cánh ngầm, tàu đệm khí). Với mỗi loại tàu khác nhau quan hệ với các thành phần lực cản của tổng lực cản là khác nhau. Quy luật thay đổi của một thành phần cũng có thể khác nhau trong các trường hợp khác nhau. Vai trò của các thành phần lực cản phụ thuộc vào chế độ chuyển động của tàu.

Người ta phân chia ba chế độ chuyển động cơ bản của tàu, đó là:

- Chế độ bơi
- Chế độ chuyển tiếp
- Chế độ lướt

* Ở chế độ bơi:

$$D = \rho g V \tag{1.4.1}$$

$$\text{Khi đó } Fr_V = \frac{v}{\sqrt{g\sqrt[3]{V}}} < 1{,}0 \tag{1.4.2}$$

chế độ này đặc trưng cho các tàu vận tải chạy chậm và trung bình.

* Ở chế độ chuyển tiếp:

Chế độ này bắt đầu xuất hiện thành phần lực nâng thuỷ động R_z. Khi đó:

$$D = \rho g V_1 + R_z \tag{1.4.3}$$

Thể tích $V_1 < V$ tàu bắt đầu nổi dần lên và

$$1 \le Fr_V \le 3 \tag{1.4.4}$$

chế độ này đặc trưng cho các tàu chạy nhanh.

* Ở chế độ lướt:

$$D \approx R_z ; V \approx 0 \tag{1.4.5}$$

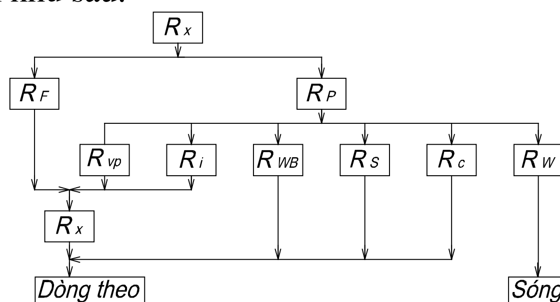
$$\text{Khi đó } Fr_V > 3 \tag{1.4.6}$$

nó đặc trưng cho chế độ lướt của tàu.

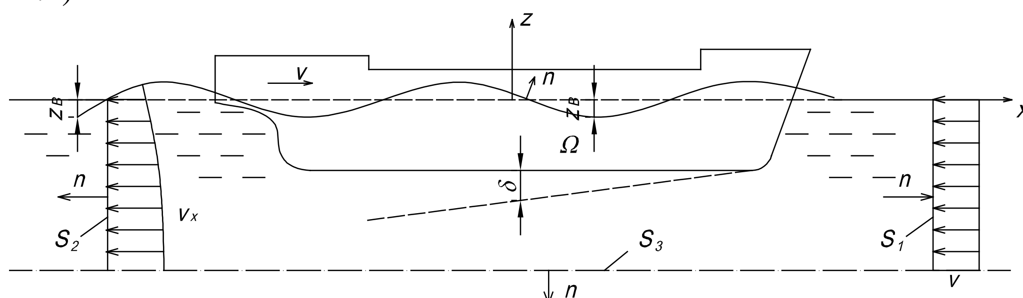
Khi $Fr_V > 1$ chiều chìm trung bình và độ chúi của tàu thay đổi

1.5. XÁC ĐỊNH LỰC CẢN CỦA NƯỚC ĐỐI VỚI CHUYỂN ĐỘNG CỦA TÀU BẰNG CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA VẾT THUỶ ĐỘNG

Năng lượng của tàu truyền cho chất lỏng kéo theo sự phát sinh của trường vận tốc và áp suất, sự biến dạng của mặt tự do dẫn tới xuất hiện sóng tàu. Do vậy ở phía sau tàu hoặc mô hình tàu xuất hiện các vết thuỷ động. Tuy nhiên cấu trúc của vết đó phụ thuộc vào hình dáng thân tàu, vận tốc, lực nhớt và trọng lực. Sơ đồ phân chia lực cản của nước ra các thành phần như sau:



Xét luồng chảy bao quanh tàu đứng yên ở mặt tự do của chất lỏng có chiều sâu vô hạn (H 1.4)



Hình 1.4. ***Sơ đồ luồng chảy bao quanh tàu.***

Để tính toán lực thuỷ động ta sử dụng định luật động lượng trong môn cơ chất lỏng:

$$\vec{R} = -\rho\int_S \vec{v}.v_n.dS + \int_S \vec{P_n}.dS \qquad (1.5.1)$$

Trong đó:

S - mặt kiểm soát kín và không di động

n - phương pháp tuyến ngoài với mặt đó

$\vec{v}$ và $\vec{P_n}$ - tương ứng là véc tơ vận tốc và ứng suất của lực mặt trong chất lỏng nhớt, $\vec{P_n}$ có hướng tuỳ ý so mặt S, $\vec{P_n}$ bao gồm áp suất nhớt, áp suất rối, ứng suất pháp, ứng suất tiếp.

Tại mặt vuông góc với trục x ta có:

$$\vec{P_n} = \vec{P_x} = \vec{i}.P_{xx} + \vec{j}.\tau_{xy} + \vec{k}.\tau_{xz}$$

trong đó:

$$P_{xx} = -P + 2\mu\frac{\partial \overline{v_x}}{\partial x} - \rho\overline{v_x{'}^2}$$

$$\tau_{xy} = \mu\left(\frac{\partial \overline{v_x}}{\partial y} + \frac{\partial \overline{v_y}}{\partial x}\right) - \rho\overline{v_x{'}v_y{'}}$$

- Chọn mặt S có dạng hình bình hành với mặt trên là mặt tự do toạ độ tương ứng $z_B = f(x,y)$ và mặt ướt Ω của tàu, mà dọc theo nó $v_n = 0$.

- Mặt S_1 đặt ở xa phía trước tàu, mà tại đó không có vận tốc phát sinh và mặt chất lỏng nằm ngang.

- Mặt S_2 đặt tuỳ ý sau tàu cắt vết thuỷ động.

- Mặt nằm ngang S_3 và các mặt thẳng đứng S_4, S_5 song song với mặt phẳng đối xứng của tàu và cách xa nó để vận tốc phát sinh là nhỏ nhằm bỏ qua ảnh hưởng của độ nhớt và sự tạo sóng.

Để tính lực cản ta chiếu $\vec{R}$ lên trục x, ta được

$$R_x = -\rho\int_{S_1} v^2.dS + \rho\int_{S_2} \overline{v_x}^2.dS + \rho\int_{S_3+S_4+S_5} v.v_n.dS + \int_{S_1} P_{xx}.dS - \int_{S_2} P_{xx}.dS \qquad (1.5.2)$$

Theo phương trình liên tục với mặt S ta có:

$$\int_{S_3+S_4+S_5} v_n.dS = \int_{S_1} v.dS - \int_{S_2} \overline{v_x}.dS \qquad (1.5.3)$$

Dựa vào (1.5.3) cho phép khử tích phân theo các mặt $(S_3 + S_4 + S_5)$ trong biểu thức (1.5.2) còn ở mặt S_1 và S_2 quy luật phân bố áp suất theo quy luật thuỷ tĩnh $\pm\rho gz$, ta có

$$\int_{S_1} z.dS - \int_{S_2} z.dS = \int_{-y}^{y}\int_{-\infty}^{z_B} zdzdy = -\frac{1}{2}\int_{-y}^{y} z_B^2 dy \qquad (1.5.4)$$

Nếu đẩy mặt S_4 và S_5 ra xa vô cùng ta có lực cản được tính theo biểu thức sau:

$$R_x = -\rho\int_{S_2}\left(v.\overline{v}_x - \overline{v}_x^2\right)dS + \int_{S_2}\left(P + \rho gz - 2\mu\frac{\partial\overline{v_x}}{\partial x} + \rho\overline{v'^2_x}\right)dS - \frac{\rho g}{2}\int_{-\infty}^{+\infty} z_B^2 dy$$

Nếu tàu chuyển động trong kênh hoặc nước nông thì vế phải của (1.5.4) cần kể thêm ứng suất tiếp theo chu vi kên hoặc đáy sông.

Trong trường hợp chất lỏng không nhớt, dòng chảy không xoáy, lúc đó dòng chảy tại tiết diện tuỳ ý và tại S_1, ứng với điểm trên mặt tự do sẽ có:

$$P + \rho gz + 0{,}5\rho\left[(v - v_{1x})^2 + v_{1y}^2 + v_{1z}^2\right] = 0{,}5\rho v^2$$

Trong đó:

v_{1x}, v_{1y}, v_{1z} là những vận tốc phát sinh. Khử P+ρgz và xét ứng suất nhớt, ứng suất rối, lúc đó biểu thức (1.5.4) sẽ được viết thành:

$$R_x = -0{,}5\rho\int_{S_2}(-v_{1x}^2 + v_{1y}^2 + v_{1z}^2)dS - 0{,}5\rho g\int_{-\infty}^{+\infty} z_B^2 dy \qquad (1.5.5)$$

* Biểu thức (1.5.4) xác định tổng lực cản của tàu trong chất lỏng nhớt, còn biểu thức (1.5.5) xác định lực cản của tàu trong chất lỏng không nhớt.

* Khi tàu ở trong dòng chảy vô hạn của chắt lỏng nhớt, nếu bỏ qua ứng suất nhớt và rối dựa vào biểu thức (1.5.4) ta có biểu thức tính lực cản nhớt:

$$R_x = R_v = -\int_{S_2}\left[\rho\left(v.\overline{v}_x - \overline{v}_x^2\right) + \left(P - P_o\right)\right]dS \qquad (1.5.6)$$

Trong đó:

P_o - áp suất thuỷ tĩnh nơi đặt tàu

Dựa vào (1.5.5) và (1.5.6) người ta tính toán bằng thực nghiệm các lực cản sóng và nhớt.

1.6. MẶT ƯỚT CỦA TÀU VÀ CÁCH TÍNH DIỆN TÍCH MẶT ƯỚT

Lực cản R_x tỉ lệ thuận với diện tích mặt ướt Ω. Nếu phương trình mặt ướt của tàu có dạng y = f(x,z) thì diện tích mặt ướt của tàu sẽ là:

$$\Omega = 2\int_{-L/2}^{L/2}\int_{-T}^{0}\sqrt{\left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial z}\right)^2 + 1}.dxdz \qquad (1.6.1)$$

Vì rất khó xác định y = f(x,z) của mặt thật, nên Ω được tính gần đúng.

- Theo phương pháp hình thang:

$$\Omega = \frac{2L}{n}\sum_{i=0}^{n}\left[l_i - \frac{(l_o + l_n)}{2}\right] \qquad (1.6.2)$$

Trong đó:

n - số khoảng sườn lý thuyết. Nếu tàu có 21 khoảng sườn thì n = 20

l - chiều dài lý thuyết của các sườn. Việc duỗi thẳng các sườn lý thuyết được xác định theo công thức sau:

$$l = 2\int_{-T}^{0}\sqrt{1 + \left(\frac{\partial y}{\partial z}\right)^2}.dz$$

gần đúng thì trị số l được xác định bằng thước cong.

- Theo phương pháp Trebưsép:

$$\Omega = \frac{2L}{m}\sum_{i=1}^{m} l_i \qquad (1.6.3)$$

Trong đó:

m - số sườn Trebưsép.

Ta lần lượt tính trị số Ω cho một vài chiều chìm, rồi xây dựng đường cong $\Omega = f(T)$ sẽ cho phép xác định Ω ở các trạng thái tải trọng khác nhau (dùng cho tàu lướt và tàu cánh ngầm).

Trong giai đoạn thiết kế sơ bộ chưa có tuyến hình tàu ta có thể dùng các công thức gần đúng dưới đây để xác định diện tích mặt ướt Ω:

- Đối với tàu chạy nhanh:

$$\Omega = LT\left(1{,}36 + 1{,}13\delta\frac{B}{T}\right) \qquad (1.6.4)$$

- Đối với tàu vận tải có hệ số béo thể tích là lớn:

$$\Omega = LT\left[2 + 1{,}37(\delta - 0{,}274)\frac{B}{T}\right] \qquad (1.6.5)$$

- Đối với tàu đánh cá:

$$\Omega = L_{PP}T\left(1 + 0{,}5\frac{B}{T}\right)(0{,}55 - 1{,}52\delta_{PP}) \qquad (1.6.6)$$

- Đối với tàu sông không có vòm đuôi:

$$\Omega = V^{2/3}\left(5{,}1 + 0{,}074\frac{L}{T} - 0{,}4\delta\right) \qquad (1.6.7)$$

Diện tích Ω tính theo các công thức trên cần phải kể thêm diện tích phần nhô (giá đỡ chong chóng, trục chong chóng, bánh lái, ky lái, vây giảm lắc,...) tuỳ thuộc vào các phần nhô, trong tính toán lấy $\Omega_{ph.nhô} = (1{,}5 \div 7)\%\Omega$.

Chương 2
LỰC CẢN NHỚT

2.1. LỚP BIÊN VÀ VẾT THUỶ ĐỘNG HỌC

Khi tàu chuyển động trong chất lỏng nhớt với số Re lớn, do ảnh hưởng của độ nhớt nên cấu của dòng chảy ở vùng gần bề mặt vật thể gọi là lớp biên.

Chiều dày lớp biên δ tăng dần từ đầu về đuôi vật thể. Cấu trúc lớp biên và những hiện tượng xảy ra trong đó làm thay đổi lực cản nhớt một cách đáng kể.

Lớp biên kết thúc đều đặn ở phía đuôi hoặc bị tách ở bề mặt vật thể, song cả hai trường hợp kể trên phía sau vật thể sẽ tạo thành một vùng luồng chảy, được gọi là vùng vết thuỷ động học. Trong vùng này người ta đặt chong chóng, bánh lái của tàu một chong chóng.

Ở ngoài vùng lớp biên và vết thuỷ động học lực nhớt không đáng kể có thể được bỏ qua và coi nó như luồng chảy của chất lỏng không nhớt.

Đặc trưng cơ bản của lớp biên là chiều dày lớp biên δ, là khoảng cách đo theo phương pháp tuyến với bề mặt của vật thể mà tại đó thành phần dọc của vận tốc đạt tới 99,5% so với trị số vận tốc của luồng ngoài tại điểm đó của vật thể.

Tại một tiết diện của lớp biên vận tốc trên mặt vật bằng không do điều kiện dính nhớt. Trong lớp biên vận tốc tăng dần từ mặt vật ra biên ngoài.

Nếu bán kính cong của vật thể là lớn và chiều dày lớp biên tương đối nhỏ thì áp suất tại tiết diện đó của lớp biên là không đổi và tương ứng với áp suất ở biên ngoài.

Có sự phân biệt giữa lớp biên phẳng và lớp biên không gian như sau:

Lớp biên phẳng xuất hiện trong trường hợp chảy bao các vật thể có kích thước lớn vuông góc với đường sinh của chúng (tấm, cánh, trụ)

Lớp biên không gian xuất hiện trong trường hợp chảy bao các vật thể tròn xoay và thân tàu. Trong trường hợp chảy bao vật thể tròn xoay lớp biên đối xứng với trục của vật thể.

Để mô tả lớp biên phẳng và đối xứng trục ta dùng hai toạ độ x, y, hướng của trục x dọc theo bề mặt của vật thể, hướng của trục y theo phương pháp tuyến với mặt vật thể, nghĩa là $v_x = f(y)$.

Chảy bao vật thân tàu xuất hiện lớp biên ba chiều (không gian) có cấu trúc luồng chảy khác nhiều so với lớp biên phẳng và đối xứng trục.

Trong lớp biên phẳng hoặc ba chiều xuất hiện luồng chảy tầng hoặc rối. Luồng chảy rối đặc trưng cho tàu thực và mô hình của nó.

Chiều dày lớp biên δ, các đặc trưng tích phân δ* và δ** xác định từ sự phân bố vận tốc $v_x = f(y)$

$$\left.\begin{aligned} \delta^* &= \int_0^{\delta,\infty}\left(1-\frac{v_x}{v_\delta}\right) \\ \delta^{**} &= \int_0^{\delta,\infty}\left(1-\frac{v_x}{v_\delta}\right)\frac{v_x}{v_\delta}dy \end{aligned}\right\} \qquad (2.1.1)$$

Trong đó:

v_δ - vận tốc tại biên ngoài của lớp biên

δ* - chiều dày nén, đặc trưng trị số lệch của đường dòng ở luồng ngoài.

δ** - Chiều dày tổn thất xung, tỉ lệ thuận với tổn thất động lượng của dòng chảy để thắng lực nhớt ở lớp biên và ứng suất tiếp xuất hiện trên bề mặt vật thể.

Các số Râynol tại một tiết diện của lớp biên có thể viết:

$$Re_\delta = \frac{v\delta}{\nu};\ Re^* = \frac{v\delta^*}{\nu};\ Re^{**} = \frac{v\delta^{**}}{\nu} \qquad (2.1.2)$$

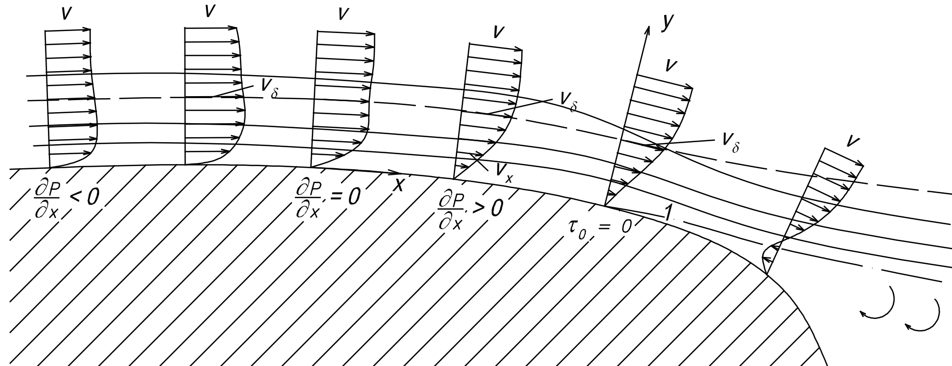
Các trị số của chúng sẽ ảnh hưởng đến sự chuyển tiếp từ chảy tầng sang chảy rối ở lớp biên.

Chiều dày lớp biên δ tăng dần từ đầu tới đuôi vật. Dù vận tốc ở biên ngoài là không đổi thì số Re dọc theo vật thể vẫn tăng lên. Do vậy ở đầu vật thể, đặc biệt khi vận tốc không lớn số Re sẽ nhỏ điều đó dẫn đến sẽ duy trì một vùng chảy tầng.

Khi bao mặt cong xuất hiện sự giảm áp suất dọc theo vật thể nếu độ sụt dọc của áp suất $\frac{\partial P}{\partial x}$ dọc theo lớp biên là đáng kể thì ở vùng đuôi vật thể, nơi mà ($\frac{\partial P}{\partial x} > 0$) có thể có hiện tượng đứt dòng.

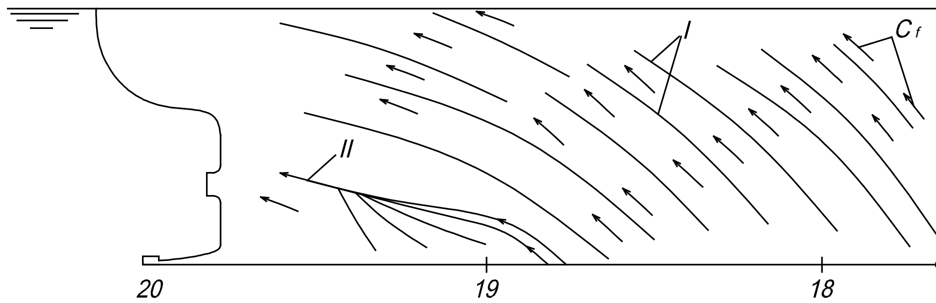
Ở sau điểm có $\frac{\partial P}{\partial x} = 0$ các phần tử của chất lỏng ở trong lớp biên do tăng áp suất mà chúng chuyển dịch về phía đuôi với gia tốc âm.

Ở sau điểm $\frac{\partial v_x}{\partial y} = 0$ khi y = 0 do áp suất ở phía đuôi tăng lên làm xuất hiện dòng chảy ngược. Đường 1 (H 2.1) biểu thị mặt phân cách chèn ép lớp biên khỏi mặt vật thể với điều kiện $\frac{\partial v_x}{\partial y} = 0$ và theo công thức Niutơn $\tau_o = 0$ sẽ xác định được điểm tách của lớp biên phẳng và đối xứng trục.



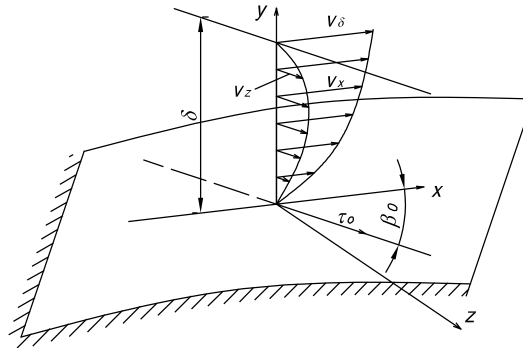
Hình 2.1. ***Sơ đồ tách lớp biên phẳng và đối xứng trục.***

Lớp biên ba chiều trong trường hợp chảy bao thân tàu có cấu trúc phức tạp hơn, có xuất hiện dòng chảy phụ vuông góc với đường dòng của luồng ngoài biên không nhớt. Vận tốc v_z do độ cong của vỏ tàu và ảnh hưởng của sự tụt áp theo phương ngang của đường dòng.



Hình 2.2. ***Đường dòng giới hạn và hệ số ma sát cục bộ C_f tại đuôi mô hình tàu.***
I- đường dòng; II- đường dòng dứt

Ứng suất tiếp τ_o tại mặt vỏ tàu hướng dọc theo đường dòng và luồng ngoài thân tàu tạo với biên ngoài của lớp biên góc β_o.



Hình 2.3. ***Sơ đồ phát sinh vận tốc v_z.***

2.2. LỰC CẢN MA SÁT CỦA TẤM PHẲNG

Các tấm phẳng được bao bằng dòng chất lỏng theo hướng dọc, đặc biệt tấm không có lượng tụt áp dọc theo bề mặt, điều đó giản đơn được phép tính lớp biên và lực cản nhớt, mà trong trường hợp này chỉ gồm có lực cản ma sát, nghĩa là $R_V = R_{Fo}$.

Khi tính lực cản nhớt của tàu người ta dùng khái niệm tấm phẳng tương đương.

Ta có thể nhận được một cách khá đơn giản công thức chung để tính toán lực cản ma sát của tấm nhờ các đặc tính của lớp biên ở mép sau của tấm phẳng đó.

$$R_{Fo} = \int_0^L \tau_o dx \qquad (2.2.1)$$

Trong đó:

τ_o - ứng suất tiếp trên bề mặt của tấm

L - chiều dài của tấm

$$\tau_o = \rho v^2 \left(\frac{d\delta^{**}}{dx} \right) \qquad (2.2.2)$$

Vậy:

$$R_{Fo} = \rho v^2 \int_0^L d\delta^{**}.dx = \rho v^2 \delta_K^{**} \qquad (2.2.3)$$

Đối với tấm phẳng rất mỏng $\frac{dv_S}{dx} = 0$, $v_{oy} = 0$ và $v_S = v$ lúc đó $\frac{d\delta^{**}}{dx} = \frac{\tau_o}{\rho v^2}$

Hệ số lực cản ma sát của tấm phẳng được xác định:

$$C_{Fo} = \frac{2R_{Fo}}{\rho v^2 L} = \frac{2\delta_K^{**}}{L} \quad (2.2.4)$$

Biểu thức (2.2.3) vẫn đúng cho mọi chế độ dòng chảy trong lớp biên và mô tả lực cản ma sát của một phía tấm thông qua chiều dày tổn thất xung δ** tại mép sau của tấm.

* Khi chảy tầng các đặc tính trong lớp biên được xác định bằng các công thức sau:

$$\delta = 5{,}2\sqrt{\frac{\nu x}{v}}\ ;\ \delta^* = 0{,}332\delta;\ \delta^{**} = 0{,}128\delta;\ \tau_o = 0{,}332\sqrt{\frac{\mu\rho v^3}{x}}$$

Khi sử dụng (2.2.2) ta có thể nhận được công thức của BLASINS xác định hệ số lực cản ma sát của tấm phẳng

$$C_{Fo} = \frac{1{,}328}{\sqrt{Re}} \quad (2.2.5)$$

Trong đó:

$$Re = \frac{vL}{\nu}$$

Từ kết quả thí nghiệm cho các trị số $Re < 2{,}5.10^5$ thì (2.2.5) là công thức chinh xác để tính hệ số lực cản ma sát của tấm phẳng chảy tầng.

* Tính toán lực cản ma sát của tấm phẳng trong lớp biên chảy rối trên suốt chiều dài tấm liên quan đến việc chọn gần đúng quy luật phân bố vận tốc trung bình theo thời gian trong lớp biên, người ta nhận được hệ thức đơn giản nhất, song cũng phổ biến nhất khi sử dụng dạng luỹ thừa:

$$\frac{\bar{v}_x}{v_S} = \left(\frac{y}{\delta}\right)^n ; n = 0{,}5(H-1)$$

Trong đó:

H(f) - phụ thuộc vào phương pháp xấp xỉ quy luật phân bố vận tốc trong lớp biên theo số Re, n giảm từ $1/7 \div 1/11$ thì $H = \frac{\delta^*}{\delta^{**}}$

f - thông số hình dạng của lớp biên nó đặc trưng cho sự ảnh hưởng của gradien áp suất dọc:

$$f = \delta^{**2}\left(\frac{dv_\delta}{dx}\right)\nu$$

Nếu lấy $n = 1/11$ thì :

$$\delta = 0{,}217x\left(\frac{\nu}{xv}\right)^{1/7} ; \delta^{**} = 0{,}0705\delta; C_f = 0{,}00655\,Re^{**^{-1/6}}$$

và kết hợp với (2.2.4) ta có:

$$C_{Fo} = 0{,}0307Re^{-1/7} \quad (2.2.6)$$

Tổng quát nhất là dòng chảy rối trong lớp biên có quy luật phân bố vận tốc dạng loga

Công thức thoả mãn kết quả $C_f = (2lgRe_x - 0{,}65)^{-2{,}3}$ được viết dưới dạng:

$$C_{Fo} = \frac{0{,}455}{(\lg Re)^{2{,}58}} \quad (2.2.7)$$

(2.2.7) được gọi là công thức PRANTO - SLICHTING

Các kết quả tính toán của CACMAN thực hiện và xây dựng theo mô hình trường vận tốc tương tự đã được SENHE đưa ra công thức:

$$\frac{0{,}242}{\sqrt{C_{Fo}}} = \lg\left(\mathrm{Re}\, C_{Fo}\right) \tag{2.2.8}$$

Năm 1957 khoá họp về các bể thử VIII người ta đã xây dựng được công thức

$$C_{Fo} = \frac{0{,}075}{\left(\lg \mathrm{Re} - 2\right)^2} \tag{2.2.9}$$

Theo khuyến nghị của Hội nghị Quốc tế về các bể thử nên áp dụng công thức (2.2.9)

2.3. LỰC CẢN NHỚT CỦA PRÔFIN DỄ THOÁT NƯỚC VÀ CÁC VẬT THỂ TRÒN XOAY

Các vật thể được phân thành hai dạng:

- Vật thể dễ thoát nước
- Vật thể khó thoát nước.

Với một vật thể xác định thì tuỳ thuộc vào việc định hướng nó theo phương của dòng chảy mà có thể trở thành dạng dễ thoát nước hoặc khó thoát nước.

Ở những vật thể dễ thoát nước thì dòng bao quanh sẽ trôi chảy một cách êm đềm khỏi mép sau của phần đuôi và tạo ra vết thuỷ động học. Trong vết thuỷ động học này tuy rối nhưng không chứa các xoáy lớn rời rạc. Vật thể loại này là các cánh, vật thể tròn xoay. Đặc điểm chính của vật thể dễ thoát nước là thành phần lực cản hình dáng trong lực cản nhớt thường không lớn.

Ta xét lực cản nhớt của vật thể hình cánh có diện tích S: $C_V = 2\frac{R_V}{\rho v^2 S}$

và của tấm phẳng tương đương với nó: $C_V = C_{Fo} = 2\frac{R_{Fo}}{\rho v^2 S}$

Trong đó:

mặt ướt của tấm: $\Omega = 2S$

Nếu là tấm thì:

$v_{\delta K} = v$, $\delta_\infty{}^{**} = \delta_K{}^{**}$, do đó:

$$\frac{C_V}{C_{Fo}} = 2\frac{\delta_K{}^{**}}{\delta_{KT}{}^{**}}\left(\frac{v_{SK}}{v}\right)^{2,5+0,5H_K} \tag{2.3.1}$$

Đại lượng $\eta = 1 + k_\phi = \frac{\delta_K{}^{**}}{\delta_{KT}{}^{**}}\left(\frac{v_{SK}}{v}\right)^{2,5+0,5H_K}$

Vậy

$$C_V = 2\frac{R_V}{\rho v^2 \Omega} = C_{Fo}\eta = C_{Fo}\left(1 + k_\phi\right) \tag{2.3.2}$$

Còn đối với cánh thì

$$C_V = 2\frac{R_V}{\rho v^2 S} = 2C_{Fo}\left(1 + k_\phi\right)$$

Trong đó:

$k_\phi = \eta - 1$ được gọi là hệ số hình dáng, nó xét đến lực cản hình dáng của vật thể cũng như ảnh hưởng của độ cong bề mặt đối với lực cản ma sát, vì thế k_ϕ có thể biểu diễn dưới dạng:

$$k_\phi = k_{VP} + k_F \qquad (2.3.3)$$

Công thức (2.3.2) biểu diễn mối quan hệ afin về lực cản nhớt của vật dễ thoát nước và lực cản ma sát của tấm nhẵn tương đương.

Hệ số cản hình dáng và ma sát được xác định:

$$C_{VP} = C_{Fo}k_{VP};\ C_F = C_{Fo}(1 + k_F) \qquad (2.3.4)$$

Hệ số hình dáng k_ϕ hoàn toàn phụ thuộc vào hình dạng của vật thể

2.4. LỰC CẢN NHỚT CỦA VẬT THỂ KHÓ THOÁT NƯỚC

Trong dòng bao vật thể khó thoát nước xảy ra hiện tượng tách lớp biên và hình thành vùng có chứa các xoáy lớn rời rạc làm biến dạng đột ngột dòng thế bên ngoài.

Vật thể khó thoát nước có thể phân thành:

- Vật có điểm tách biên cố định
- Vật có điểm tách biên di động.

Điểm tách biên cố định xảy ra tại các mép nhọn hoặc góc nhọn và không phụ thuộc vào trị số Re của dòng chảy (chẳng hạn các đĩa tròn, tấm chữ nhật nằm ngang dòng nước hoặc góc tấm lớn. Hệ số cản lúc đó $C_x = C_V$.

Điểm tách lớp biên di động:

Trong lực cản nhớt của vật thể khó thoát nước thì thành phần lực cản hình dáng đóng vai trò chủ yếu. Việc tính toán lực cản nhớt của vật thể khó thoát nước bằng lý thuyết là một bài toán phức tạp, vậy việc áp dụng phương trình Naviê- Stốc chỉ có thể thực hiện được trong trường hợp cho dòng chảy tầng và số Re bé $Re < 10^3$, song nó vẫn bị hạn chế bởi khối lượng bộ nhớ của các máy tính điện tử (bởi vì bài toán có liên quan đến việc thực hiện các sơ đồ sai phân khi giải phương trình).

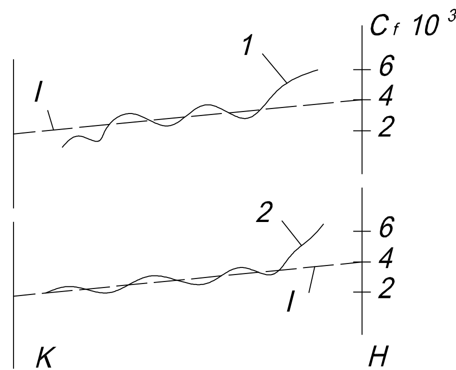
Nhờ máy tính điện tử ta tìm được hình ảnh xuất hiện không ổn định của kết cấu dòng chảy $\tau^o = tv/b$ trong đó b - chiều rộng của vật thể.

2.5. LỰC CẢN NHỚT CỦA TÀU

Lực cản nhớt của tàu R_V bao gồm lực cản ma sát R_F, lực cản hình dáng R_{VP} và lực cản cảm ứng R_i. Tuy nhiên R_i được ghép vào R_{VP} vì R_i xuất hiện là do các xoáy dọc mũi tàu và đuôi bởi hiện tượng tách lớp biên.

Lực cản ma sát R_F phụ thuộc vào sự phân bố của ứng suất tiếp τ_o trên thân tàu. Lực cản này chịu ảnh hưởng của độ cong dọc và cong ngang thân tàu. Tất cả các hiện tượng đó làm biến đổi cục bộ ứng suất tiếp so với quy luật tương ứng của tấm phẳng khi số Re bằng nhau.

Lực cản này được mô tả ở hình vẽ (Xem H 2.4)



Hình 2.4. ***Sự phân bố hệ số ma sát cục bộ C_f dọc đường nước (đường 1) và ở sống đáy (đường 2) của mô hình lần đầu có Re = 3.10^6, Fr = 0,209***

Theo kết quả tính toán của SIRE và STIN thì hệ số ma sát cục bộ C_f cho tấm phẳng I và thân tàu ở tất cả các trị số Fr và Re ít lệch so với tấm phẳng tương đương. Kết quả tính lớp biên ba chiều cho thân tàu cũng vậy. Điều này tạo cơ sở cho việc tính toán lực cản ma sát của tàu và mô hình tàu bằng cách dùng khái niệm tấm phẳng tương đương.

Hệ số lực cản ma sát của thân tàu được tính theo công thức:

$$C_F = C_{Fo}(1 + k_F)$$

Trong đó:

k_F - hệ số kể đến ảnh hưởng của độ cong bề mặt vỏ tàu bằng khoảng $0{,}02 \div 0{,}06$ và không phụ thuộc vào số Re.

Lực cản hình dáng R_{VP} sinh ra bởi ảnh hưởng của lớp biên đối với quy luật phân bố áp suất trên thân tàu, nó phụ thuộc vào các dạng tách lớp biên, mà hiện tượng này lại ảnh hưởng bởi hình dáng thân tàu.

Hiện nay người ta áp dụng rộng rãi công thức Afin $C_{VP} = C_{Fo}k_{VP}$.

Hệ số k_{VP} phụ thuộc vào hình dáng thân tàu và không phụ thuộc vào số Re khi chuyển kết quả từ mô hình sang tàu thực.

Ta dùng khái niệm hệ số hình dáng $k_\phi = k_F + k_{VP}$.

Vậy $C_V = C_{Fo}(1 + k_\phi)$

Theo PRAVIN: khi $\frac{B}{T} < 3$ thì

$$k_\phi = 18{,}7\left(\frac{\delta B}{L}\right)^2 \qquad (2.5.1)$$

Đối với các tàu béo theo VATANABA thì khi tính C_{Fo} nên sử dụng công thức

$$C_{Fo} = \frac{0{,}075}{(\lg Re - 2)^2} \text{ và lúc đó:}$$

$$k_\phi = 0{,}017 + 20\frac{\delta}{\left(\frac{L}{B}\right)^2\sqrt{\frac{B}{T}}} \qquad (2.5.2)$$

Hiện tượng tách lớp biên đã làm tăng đáng kể lực cản nhớt, sự xuất hiện các xoáy dọc phần mũi đi đôi với việc tăng thành phần lực cản cảm ứng R_i của lực cản nhớt lên khoảng $R_i \approx (0{,}02 \div 0{,}03)R_V$ và có thể kết hợp với các xoảy dọc ở đuôi tàu làm lực cản nhớt có thể tăng lên tới $(0{,}03 \div 0{,}08)R_V$.

2.6. ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ NHÁM CHUNG TỚI LỰC CẢN NHỚT

Trên bề mặt vỏ tàu luôn luôn có chi chít các điểm gồ ghề không bằng phẳng và đôi khi có ảnh hưởng đáng kể tới lực cản.

Nếu chiều cao các điểm gồ ghề rất nhỏ so với chiều dày lớp biên tại điểm đó thì người ta đưa ra khái niệm về độ nhám của bề mặt và độ nhám chỉ ảnh hưởng tới lực cản nhớt. Độ nhám bề mặt có thể phân ra thành:

- Độ nhám chung
- Độ nhám cục bộ.

Độ nhám chung được phân bố hầu như đồng đều trên suốt bề mặt vỏ tàu, còn độ nhám cục bộ là những chỗ nhô ra, thụt vào lẻ tẻ nằm đơn độc hoặc thành nhóm trên bề mặt vỏ tàu.

Trên các tàu thực, độ nhám chung là độ nhám của vỏ bao được sinh ra bởi các tính chất của vật liệu và đặc điểm xử lý vật liệu, cũng như tính chất và phương pháp tạo ra các lớp phủ bảo vệ, đặc biệt là sơn. Ngoài ra, còn do mức độ gợn sóng và lồi lõm nhăn nheo của tôn vỏ sinh ra trong quá trình đóng mới thân tàu.

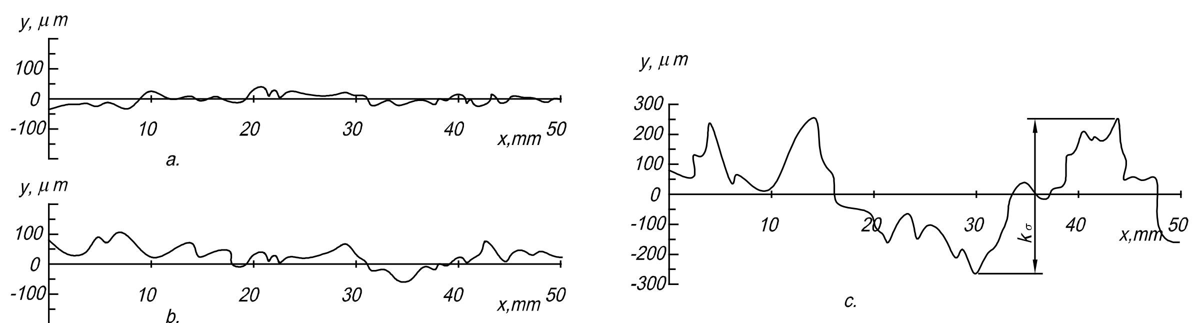
Còn độ nhám cục bộ sinh ra bởi các mối hàn, các tấm các đoạn gồ ghề, những chỗ lõm sâu, các lỗ khoét cố định.

Mô hình tàu cũng như các tấm phẳng dùng để thí nghiệm trong bể thử hoặc trong ống khí động thì bề mặt được xử lý nhẵn đến mức độ nhám hầu như không ảnh hưởng tới lực cản, nghĩa là mô hình được xem như bề nhẵn thuỷ động.

Độ nhám chung của bề mặt không quét sơn phụ thuộc vào vật liệu và mức độ xử lý vật liệu đó.

Độ nhám của bề mặt mà trên đó có lớp phủ cũng phụ thuộc vào kết cấu của bề mặt trước khi phủ, dạng lớp phủ (sơn) và phương pháp phủ.

Trong quá trình khai thác tàu hoặc thí nghiệm mô hình độ nhám có thể thay đổi do lớp phủ bị phá huỷ, bị ăn mòn, rỗ bề mặt, xuất hiện ở đó những vết nhày và hà bám cũng như những hư hỏng cơ học khác.



Hình 2.5. ***Biểu đồ prôfin của vỏ bao thân tàu.***
a. Đà sơn khô
b. Lúc bắt đầu khai thác
c. Sau thời gian dài khai thác.

Các thông số hình học của độ nhám chung được nghiên cứu bằng các máy ghi prôfin (máy ghi biên dạng). Người ta đo prôfin trên một đoạn bất kỳ có chiều dài cơ sở l thông thường bằng 50 *mm*. Người ta chọn chiều cao đỉnh nhám k_σ làm thông số chính đặc trưng về hình học của độ nhám chung.

Trong ngành đóng tàu đối với độ nhám không đồng đều (Xem H 2.5)

Người ta dùng khái niệm chiều cao bình phương trung bình của mô nhám $k_{\sigma tb}$.

$$k_{\sigma tb} = \sqrt{\frac{\left(\int_0^l y^2 dx\right)}{l}} \qquad (2.6.1)$$

Trị số $k_{\sigma tb}$ thay đổi trong giới hạn $(40 \div 230).10^{-3}$, *mm*

$$k_{\sigma tb} = \sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^{n} k_{\sigma i}^2\right)}{n}} \qquad (2.6.2)$$

Trên những mô hình quét parafin $k_{\sigma tb} = (3 \div 8).10^{-3}$, *mm*

Trên những tàu vỏ gỗ quét sơn $k_{\sigma tb} = (10 \div 15).10^{-3}$, *mm*

Ở chế độ chảy tầng trong lớp biên độ nhám chung không tác động lên quy luật phân bố vận tốc và trị số lực cản.

Dọc theo thành bên trong lớp biên rối vẫn tồn tại một lớp nền nhớt và vùng chuyển tiếp, chiều dày δ_B tăng dọc theo bề mặt vật thể.

Ảnh hưởng của độ nhám đối với quy luật phân bố vận tốc trong lớp biên chảy rối được biểu diễn theo các dạng sau:

$$\frac{\overline{v_x}}{v^*} = \frac{1}{\ } \ln\frac{yv^*}{\nu} + c - \frac{\Delta\overline{v_x}}{v^*} \qquad (2.6.3)$$

Trong đó:

-hằng số rối, = 0,4

c - hằng số, c =5,2

$\Delta\overline{v_x}$ = 0,5 là gia số vận tốc của biểu đồ trong vết rối thuỷ động.

$v^* = \sqrt{\frac{\tau_o}{\rho}}$

Trong biểu thức (2.6.3) hiệu số $B = c - \frac{\Delta\overline{v_x}}{v^*}$ gọi là hàm của độ nhám phụ thuộc $k_\sigma\frac{v^*}{\nu}$ và kiểu nhám.

Đối với lớp biên chảy rối dọc trên bề mặt có độ nhám chung thì:

$$\frac{\overline{v_x}}{v^*} = \frac{1}{\ } \ln\frac{yv^*}{\nu} + B + -\omega \qquad (2.6.4)$$

Theo kết quả thí nghiệm:

$$B = C - \frac{1}{\ }\ln\left[1 + C_1\frac{k\sigma v^*}{\nu} + C_2\frac{k\sigma v^*}{\nu}\exp\left(-C_3\frac{k\sigma v^*}{\nu}\right)\right] \qquad (2.6.5)$$

Trong đó:

C_1, C_2, C_3 - Các hằng số phụ thuộc vào dạng nhám được xác định theo đồ thị $\Pi(x)$ là hàm không thứ nguyên xét đến ảnh hưởng của lượng tụt áp trong trường vận tốc ở vùng ngoài lớp biên.

$\omega(y/\delta)$ - hàm không thứ nguyên biểu thị cho trường vận tốc của vết thuỷ động học, gần đúng:

$$\omega = 1 - \cos(\pi y - \delta) \qquad (2.6.6)$$

$$\text{hoặc } \omega = 6(y/\delta)^2 - 4(y/\delta)^3 \qquad (2.6.7)$$

Độ nhăn nheo và lồi lõm bề mặt vỏ tàu phát sinh trong đóng mới có dạng hình sin với chiều cao trung bình $2a = 1{,}5 \div 5$ *mm* và chiều dài sóng $\lambda = 500 \div 1000$ *mm*.

Lực cản của bề mặt nhăn nheo là tổng hợp lực của các ứng suất tiếp, lực áp suất, hay nói cách khác gồm lực cản ma sát và hình dáng.

Ảnh hưởng của độ tụt áp dọc cục bộ có thể làm giảm $(10 \div 15)\%$ lực cản ma sát, nhưng lợi thế này lại vô hiệu hoá bởi lực cản hình dáng tăng.

Gọi C_{WW} là hệ số lực cản do nhăn nheo vỏ bao và theo kết quả thử mô hình thì:

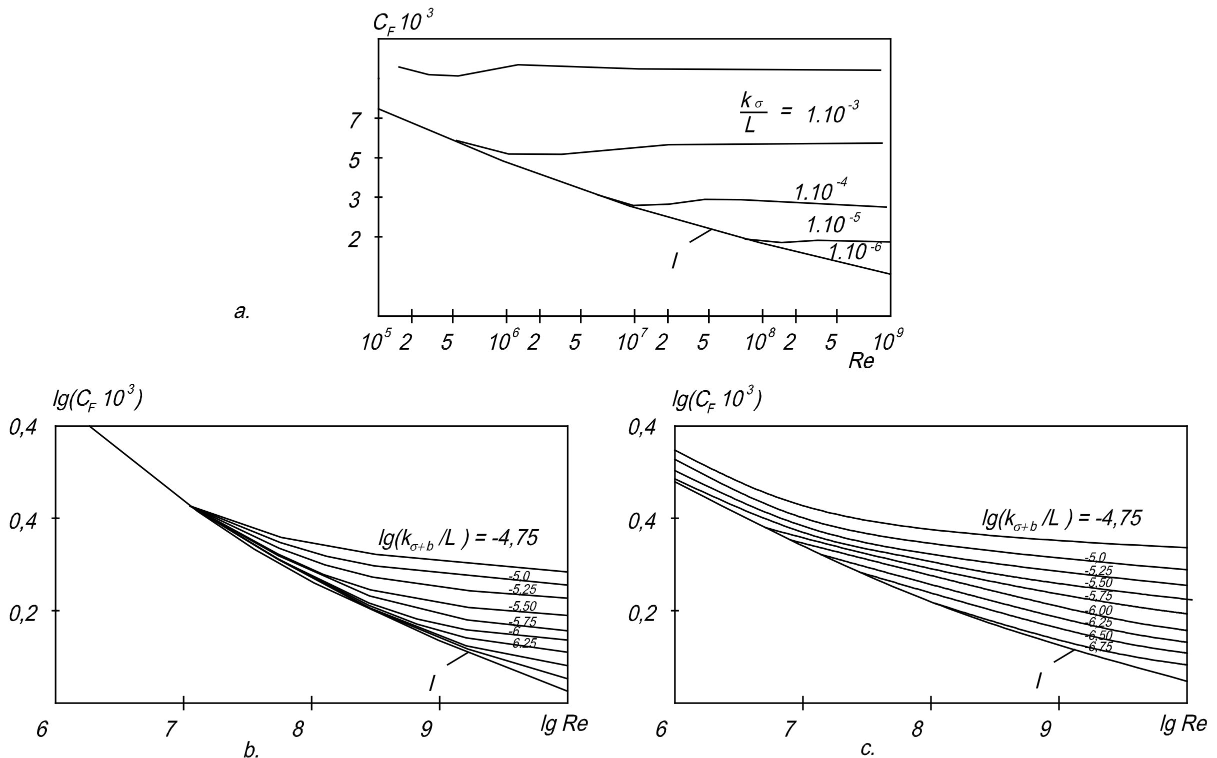
$$C_{WW} = 0{,}2(2a/\lambda)^2 \qquad (2.6.8)$$

Khi xét đến ảnh hưởng của độ nhám chung thì hệ số lực cản nhớt của thân tàu được xác định theo công thức sau:

$$C_V = C_F(1 + k_\phi)$$

Trong đó:

C_F - được xác định theo các đồ thị (Xem H2.6)



Hình 2.6. ***Sự phụ thuộc hệ số cản ma sát của tấm vào độ nhám tương đối.***

a. Độ nhám hạt đều

b. Bề mặt mới sơn

c. Bề mặt được sơn sau 12 tháng ngâm nước

I - tấm nhẵn

2.7. ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ NHÁM CỤC BỘ TỚI LỰC CẢN NHỚT

Độ nhám cục bộ ở dạng các điểm nhô lẻ tẻ, mà chiều cao của chúng vượt quá lớp nền nhớt trong dòng chảy rối. Khi chọn công thức để tính lực cản nhớt từng điểm gồ ghề R_σ ta phải xét tới tính không đồng nhất của dòng theo.

Theo đề nghị của FE ĐÊ EP thì:

$$R_\sigma = \frac{1}{2} C_\sigma \rho \bar{v}^2 \omega \qquad (2.7.1)$$

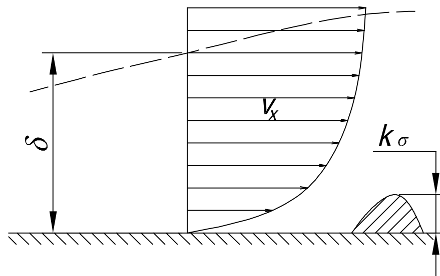
Trong đó:

C_σ - Hệ số cản của điểm gồ ghề.

ω - Diện tích mặt cắt giữa của điểm gồ ghề.

$\bar{v}^2$ - được tính theo công thức sau:

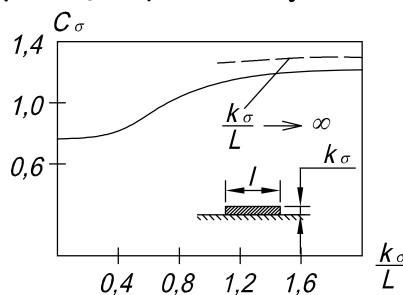
$$\bar{v}^2 = \frac{1}{k_\sigma} \int_0^{k_\sigma} v_x^2 dy \qquad (2.7.2)$$



Hình 2.7. ***Sơ đồ phân bố vận tốc dòng chảy bao điểm gồ ghề.***

Hệ số cản C_σ là hàm của $R_{ek} = \frac{k_\sigma \bar{v}}{\nu}$

Đối với tấm đặt ngang hệ số C_σ được trình bày theo hình vẽ(Xem H2.8)



Hình 2.8. ***Hệ số cản của điểm gồ ghề.***

* Đối với các mối hàn:

$k_\sigma = 1,5 \div 5,0$ *mm*, chiều rộng b = $10 \div 25$ *mm*, hệ số cản của chúng $C_\sigma = 1,3k_\sigma/b$.

Sự thay đổi ứng suất tiếp trong vùng gồ ghề và sau đó được bài trừ lẫn nhau và lực cản bổ sung về cơ bản chỉ là lực cản hình dáng của điểm gồ ghề.

Nếu chiều dài của mối hàn tạo với hướng vận tốc của dòng tại biên ngoài của lớp biên góc α thì vận tốc bao ngang mối hàn là $v\sin\alpha$, lúc đó:

$$R_\sigma = 0{,}5C_\sigma \rho \overline{v}^2 k_\sigma L_\sigma \sin^3 \alpha \qquad (2.7.3)$$

Trong đó:

L_σ - chiều dài của mối hàn.

Thông thường người ta dùng quan hệ:

$$R_\sigma = \frac{1}{2} C_o \rho v^2 \Omega$$

$$\text{Trong đó: } C_o = C_\sigma \frac{\left(\frac{k_\sigma}{\delta}\right)^{2n}}{(2n+1)} \qquad (2.7.4)$$

Đối với tàu thuỷ có thể lấy n =1/11

Hệ số C_o nằm trong khoảng $C_o = (0{,}1 \div 0{,}15)10^{-3}$

Trong đó đóng góp của các mối hàn ngang chiếm 70 ÷ 80 % còn các mối hàn dọc 30 ÷ 20 %.

* Đối với các lỗ khoét và chỗ trũng

Thân tàu luôn có lỗ khoét và chỗ trũng để lấy nước vào cho các hệ thống trên tàu, các cửa ăn thông với nước ngoài tàu.

Khi nước liên tục vào thân tàu qua các lỗ phải tính lực thuỷ động bổ xung do tác dụng của dòng nước lên chúng.

Lực cản R_H bổ xung do các chỗ trũng được tính theo công thức:

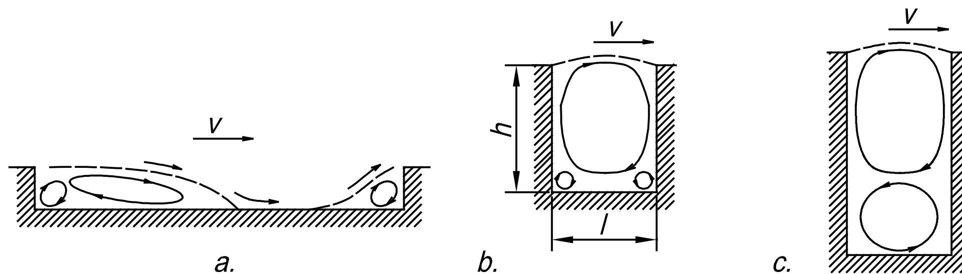
$$R_H = C_H \rho v^2 F/2 \qquad (2.7.5)$$

Trong đó:

F - diện tích chỗ trũng theo hình chiếu nằm.

v - vận tốc dòng chảy tại biên ngoài của lớp biên tại chỗ trũng, gần đúng lấy bằng vận tốc tàu hoặc mô hình tàu.

Hệ số cản C_H phụ thuộc hình dáng chỗ trũng và vị trí của nó theo chiều dài tàu. Nếu càng tăng h/l thì C_H càng dần dần ổn định



Hình 2.9. ***Sơ đồ dòng bao chỗ trũng hình chữ nhật.***

a. $\frac{h}{l} < 0{,}15$

b. $0{,}5 < \frac{h}{l} < 1{,}0$

c. $1{,}75 < \frac{h}{l} < 2{,}5$

Lực cản chỗ trũng có thể giảm xuống bằng hai cách:

- Lượn tròn các mép trong và mép ngoài và cho thành sau nghiêng về phía dòng chảy để chất lỏng trong lỗ dễ lưu thông tuần hoàn và hớt bớt các đỉnh áp suất ở các vùng có góc và mép.

- Dùng lưới úp lên các lỗ để cản trở sự tác dụng lẫn nhau giữa các khối nước bên trong và bên ngoài lỗ, các lỗ ô van nên đặt trục lớn nằm ngang hướng dòng chảy có khả năng giảm 30 ÷ 40 % lực cản nhớt.

Lỗ khoét và chỗ trũng còn có khả năng sinh thêm lực cản xung:

$$R_I = \rho Q v = \rho v_1 v F \qquad (2.7.6)$$

Trong đó:

v_1 - vận tốc dòng chảy của chất lỏng qua chỗ trũng

$Q = v_1F$ - lưu lượng chất lỏng.

Hệ số cản xung:

$$C_I = 2R_I/\rho v^2 F = 2\, v_1/v \qquad (2.7.7)$$

2.8. ẢNH HƯỞNG CỦA LỚP RÊU, HÀ BÁM VÀO VỎ BAO TÀU ĐẾN LỰC CẢN CỦA TÀU

Việc ngâm tàu trong nước sẽ làm thay đổi kết cấu và độ nhám của vỏ bao, do đó lực cản nhớt sẽ tăng lên. Việc tăng lực cản có thể gây nên lượng tổn thất đáng kể cho vận tốc.

Khi ngâm dưới nước phần chìm của tàu mới sơn bị phủ nhanh chóng một màng gồm các vi khuẩn, bùn và các thành phần khác. Khi tàu chuyển động màng đó bị dòng nước cuốn đi một phần, phần còn lại sẽ tăng thêm lực cản.

Đặc biệt là nước mặn sinh ra một lớp rêu, hà bám vào vỏ tàu, cường độ bám phụ thuộc vào thời gian tàu đỗ, vùng hoạt động, độ mặn của nước, thời tiết và thời gian trong năm.

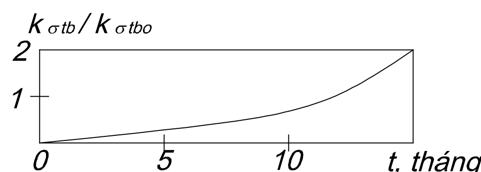
Trong nước ngọt khả năng bám không lớn, chủ yếu là rong rêu và chỉ trông thấy ở vùng đường nước.

Phương pháp phòng chống có hiệu quả lớp hà bám là áp dụng các loại sơn đặc biệt, có chứa các chất độc theo dạng hợp chất đồng asen...

Tôn bao bị ăn mòn tạo nên mức gồ ghề với chiều cao đỉnh nhám 1 ÷ 3 *mm*. Ảnh hưởng này gần giống với ảnh hưởng của mặt nhám rải hạt.

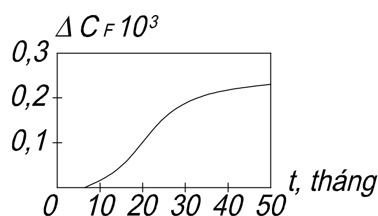
Lớp hà bám và sự ăn mòn phần mũi, nơi mà lớp nền nhớt và vùng chuyển tiếp dày hơn có ảnh hưởng lớn nhất tới lực cản, vì vậy trong vùng này khi tàu lên đà phải làm sạch rỉ và hà bám.

Biến lượng tương đối lớn của chiều cao đỉnh nhám trong thời gian sau khi sơn có thể đánh giá theo hình vẽ (Xem H2.10)



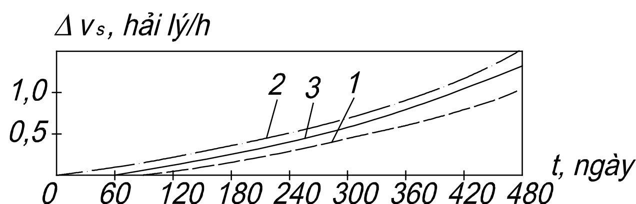
Hình 2.10. ***Lượng thay đổi tương đối của chiều cao đỉnh nhám.***

và sự thay đổi lực cản ma sát theo thời gian (Xem H2.11)



Hình 2.11. ***Lượng tăng hệ số cản ma sát*** ΔC_F
ứng với số Re = $8.10^6 \div 2.10^7$
của tấm đã sơn phụ thuộc vào thời gian ngâm nước.

Hà bám đã làm tổn thất tốc độ tàu một cách đáng kể (Xem H2.12)



Hình 2.12. ***Lượng tổn thất tốc độ của tàu dầu do hà bám.***
1. Trọng tải 33.000T
2. Trọng tải 130.000T
3. Trọng tải 75.000T

Tải trọng của tàu càng lớn thì tổn thất tốc độ càng lớn hơn. Tàu chuyên tuyến được quét sơn chống hà, lượng bổ xung hệ số lực cản nhớt ΔC_V sinh ra do ảnh hưởng của lớp hà bám do LUIT đưa ra công thức sau:

$$\Delta C_V = (0{,}076n + 0{,}006n^2).10^{-3}$$

Trong đó:

n - số tháng sau khi tàu lên đà.

Sau các kỳ lên đà lực cản của tàu mới được sơn từ từ tăng lên do thay đổi kết cấu mặt nhám của chúng.

Theo LAKENBƠ đối với các tàu vận tải cỡ lớn sau ba lần lên đà với khoảng thời gian 1 ÷ 1,5 năm lượng tăng công suất cần thiết P_D để giữ nguyên tốc độ ban đầu của tàu có thể đạt tới 8 ÷ 30%. Vậy việc dùng sơn Êpôxy và bảo vệ bằng điện cực ngoài tạo khả năng bảo toàn được vỏ tàu.

Thí nghiệm cho thấy ngâm mô hình trong nước của bể thử sau thời gian 1,5 ÷ 2 tháng thì lượng tăng hệ số lực cản nhớt ΔC_V lên tới $(0{,}15 \div 0{,}2).10^{-3}$.

2.9. CÁC PHƯƠNG PHÁP GIẢM LỰC CẢN NHỚT

Lực cản nhớt đóng vai trò chính trong tổn lực cản của tàu, còn ở những vật chìm hoàn toàn hầu như chỉ có lực cản nhớt. Vậy việc tìm các biện pháp giảm lực cản nhớt là điều quan trọng.

Đối với các vật thể dễ thoát nước chú ý đến việc giảm lực cản ma sát vì thành phần lực cản hình dáng không lớn.

Còn đối với các vật thể khó thoát nước phải giảm lực cản hình dáng.

Để giảm lực cản nhớt phải giảm độ nhám chung và độ nhám cục bộ, đặc biệt là độ nhám do việc quét sơn, phòng chống rêu hà bám và độ ăn mòn, áp dụng các dạng tàu tránh hiện tượng tách lớp biên.

Đa số các phương pháp để giảm lực cản nhớt là đưa vào việc làm thay đổi các đặc tính dòng chảy trong lớp biên theo hướng quy định, nghĩa là theo hướng nhờ lớp biên.

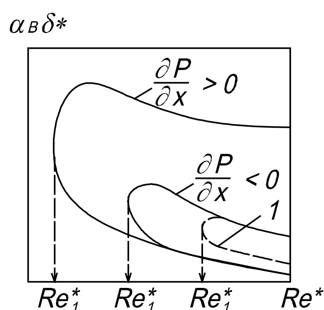
Một trong những phương pháp giảm lực cản cho vật dài là thay đổi dòng rối bằng dòng chảy tầng cả khi trị số Re lớn.

Các phương pháp giảm lực cản nhớt được cụ thể hoá như sau:

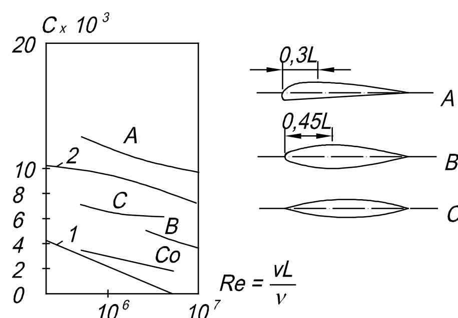
* Việc chảy tầng hoá lớp biên có thể thực hiện được bằng cách tạo ra những hình dạng đặc biệt cho vật thể mà ở đó trên phần lớn chiều dài có $\frac{\partial P}{\partial x} < 0$ và điểm cực tiểu của biểu đồ áp suất dịch về phía đuôi. Những vật thể và prôfin mà hình dáng và độ nhẵn bề mặt của chúng có khả năng duy trì được lớp biên chảy tầng trên một mảng bề mặt lớn được gọi là các đối tượng chảy tầng hoá.

Tác động cần thiết khi phân bố áp suất có thể đạt được bằng cách dịch mặt cắt lớn nhất của prôfin hoặc vật tròn xoay về tâm hoặc về đuôi.

Hình 2.13 trình bày một trong các prôfin B và các hệ số cản của nó so với prôfin bình thường A có cùng chiều dày. Chế độ chảy tầng hoá chỉ hiệu quả tới số $Re \approx (3 \div 5).10^7$, sau đó lớp biên sẽ chuyển sang rối và ưu điểm của prôfin chảy tầng hoá sẽ biến mất.

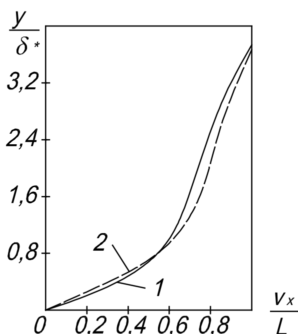


Hình 2.13. ***Ảnh hưởng của lượng tụt áp dọc và hút chất lỏng.***



Hình 2.14. ***Ảnh hưởng của chảy tầng hoá và hút.***

* Phương pháp chảy tầng hoá nhân tạo là lợi dụng việc hút chất lỏng từ lớp biên qua bề mặt của vật thể, điều này cho phép giảm bớt chiều dày của lớp biên, nghĩa là giảm Re*, đồng thời thay đổi dạng biểu đồ phân bố vận tốc (Xem H2.14). Khi hút liên tục với vận tốc v_{oy} không đổi dọc theo chiều dài.



Hình 2.15. ***Sự phân bố vận tốc trong lớp biên chảy tầng của tấm.***

Đường 1 hình 2.13 trình bày vùng tần số kích thích phá hoại ổn định của biểu đồ khi hút trong đó $Re_1^* \approx 80.000$.

Trên hình 2.15 trị số $\frac{\partial v_x}{\partial v_y}$ khi y = 0 của biểu đồ 1 lớn hơn biểu đồ 2.

Hệ số hút

$$C_Q = \frac{Q}{v\Omega} \qquad (2.9.1)$$

Trong đó:

Q - lưu lượng hút trong một giây.

Khi hút xuất hiện lực cản xung bổ xung của dòng làm động lượng mất đi một lượng là:

$$R_l = \rho v Q \qquad (2.9.2)$$

Khi hút phải hút qua nhóm lỗ hoặc khe nằm trên mặt vật thể.

Trên hình 2.14 hút lớp biên qua lỗ trên profin C_o còn đường cong C ứng với prôfin không hút.

Lưu lượng Q của chất lỏng được hút trên một đơn vị chiều rộng khe hút và chiều sâu hút $k_o = \delta_2^{**}/\delta_1^{**}$ là:

$$Q = 6(1 - k_o^{0,228})Re_n^{**}\nu \qquad (2.9.3)$$

Trong đó:

δ_1^{**} - trước khe

δ_2^{**} - sau khe

Khoảng cách giữa các khe đối với tấm phẳng là:

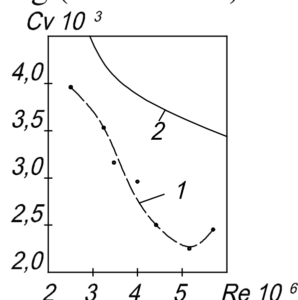
$$l_i = Re_n^{**}(1 - k_{oi}^2)\nu/(0,44v) \qquad (2.9.4)$$

Để tránh ảnh hưởng của độ nhám phải sao cho $\delta^{**} > 1,5k_\sigma$.

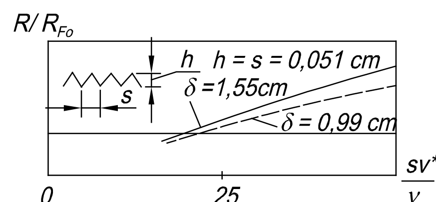
* Việc chảy tầng hoá lớp biên đạt được ngay cả khi thay đổi các tính chất của chất lỏng, ví dụ đốt nóng hoặc làm lạnh bề mặt vật thể sẽ làm thay đổi độ nhớt trong lớp biên, dẫn đến thay đổi cấu trúc của trường vận tốc cũng như Re* và độ ổn định của lớp biên. Vì nhiệt độ tăng thì độ nhớt giảm chảy tầng hoá thuận lợi hơn.

* Việc nghiên cứu quá trình bơi của cá đenphin người ta đã hướng vào việc sử dụng những lớp dễ đàn hồi phủ lên bề mặt vật thể để giảm lực cản ma sát, kéo dài đoạn chuyển tiếp từ chảy tầng sang chảy rối trong lớp biên do tăng trị số Re_1^* (Xem H2.16)

* Để giảm bớt lực cản ma sát có thể áp dụng bề mặt có gân với các bước dọc. Ví dụ dạng rãnh cưa mặt cắt ngang đặt dọc theo dòng, nên các rãnh cưa giảm lượng chiếm nước toé ngang (Xem H2.17).



Hình 2.16. ***Hệ số cản nhớt.***
1- Vật thể có lớp đàn hồi
2- Tấm cứng ma sát



Hình 2.17. ***Ảnh hưởng của các gân dọc tới lực cản ma sát của tấm..***

* Để giảm lực cản ma sát người ta tạo ra một đệm mỏng cố định để ngăn cách dòng chảy với biên cứng. Bằng cách cấp không khí liên tục qua bộ tạo khí cho hang này.

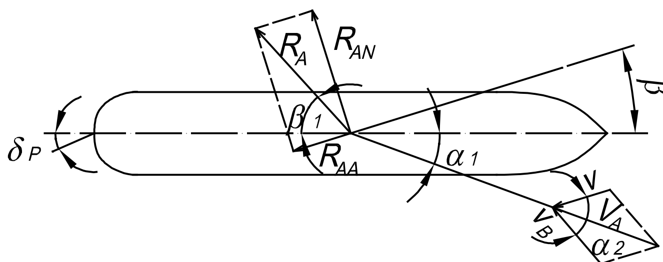
* Ở những tàu béo lực cản hình dáng sinh ra do hiện tượng tách lớp biên ở phần đuôi tàu và thành phần lực cản này đóng vai trò chính trong lực cản nhớt. Để giảm bớt chiều dài phần tách biên người ta có thể dùng cánh có dộ dang bé và đặt nó vuông góc với vỏ bao phía trước vùng dự kiến có tách lớp biên.

* Dùng lớp phụ da pôlime phủ lên bề mặt vỏ tàu.

2.10. LỰC CẢN KHÔNG KHÍ ĐỐI VỚI CHUYỂN ĐỘNG CỦA TÀU

Khi bao quanh phần nhô của tàu bằng luồng không khí thì trên bề mặt của nó sẽ xuất hiện áp lực và ứng suất tiếp. Tổng hợp các lực này ta được lực khí động $\overrightarrow{R_A}$, điểm đặt tại giao giữa đường nước tác dụng và mặt phẳng đối xứng của tàu (tâm áp suất) phụ thuộc hình dáng phần nhô của tàu.

Theo hướng bất kỳ của vận tốc không khí v_A so với mặt phẳng đối xứng của tàu được xác định bằng góc α_1 (Xem H2.18)



Hình 2.18. ***Sơ đồ luồng bao khi tàu chuyển động trong điều kiện có gió.***

Lực khí động $\overrightarrow{R_A}$ sẽ tạo với mặt phẳng đối xứng góc β_1. Chiếu $\overrightarrow{R_A}$ lên hướng chuyển động v của tàu ta được R_{AA}, lực này gọi là lực cản không khí đối với chyển động của tàu.

Khi tàu chuyển động xuôi gió $\alpha_1 = 180^o$. Vận tốc luồng không khí v_A bao lấy phần khô của tàu phụ thuộc vào vận tốc tàu v và vận tốc tuyệt đối của gió v_B.

- Khi không có gió thì vận tốc tương đối của không khí $v_A = - v$, trị số của nó có thể không đổi theo chiều cao tính từ mặt biển, như vậy lực cản không khí tạo nên bởi chuyển động của bản thân tàu. Còn trị số $R_{AA} = R_A$.

- Khi có gió vận tốc tương đối của không khí v_A bằng tổng hình học của v và v_B tạo với nhau góc α_2. Trị số của nó được xác định theo công thức sau:

$$v_A = \sqrt{v^2 + v_B{}^2 + 2vv_B \cos\alpha_2} \quad (2.10.1)$$

góc α_1 được tính theo công thức sau:

$$\sin(\alpha_1 + \beta) = v_B \sin\alpha_2 / v_A \quad (2.10.2)$$

Có thể xác định được v_A bằng máy đo gió.

Cấp gió được phân thành 12 cấp gió Bopho dựa theo kết quả của cục khí tượng thuỷ văn Liên Xô.

Cấp gió Bopho

(Tại độ cao h = 6,0 m so với mặt nước biển)

Cấp gió	**Vận tốc gió (m/s)**	**Cấp gió**	**Vận tốc gió (m/s)**
0	0 - 0,5	7	12,5 - 15,2
1	0,6 - 1,7	8	15,3 - 18,2
2	1,8 - 3,3	9	18,3 - 21,5
3	3,4 - 5,2	10	21,6 - 25,1
4	5,3 - 7,4	11	25,2 - 29,0
5	7,5 - 9,8	12	trên 29,0
6	9,9 - 12,4		

Quy luật biến thiên vận tốc gió theo chiều cao là quy luật lôga. Tính chuyển v_B ghi trong bảng sang chiều cao khác 6m theo công thức sau:

$$v_{Bh} = v_{B6}\ln(500h)/\ln 3000 \quad (2.10.3)$$

Trường hợp $\alpha_1 \neq 0$ (hoặc $\alpha_1 \neq 180^o$) thì ngoài R_{AA} và lực khí động ngang R_{AN} còn có mômen M_z đối với trục đứng nằm ở sườn giữa.

Lực cản không khí xác định bằng công thức sau:

$$R_{AA} = C_{AA}\rho_A v_A^2 F_T/2 \quad (2.10.4)$$

Mômen:

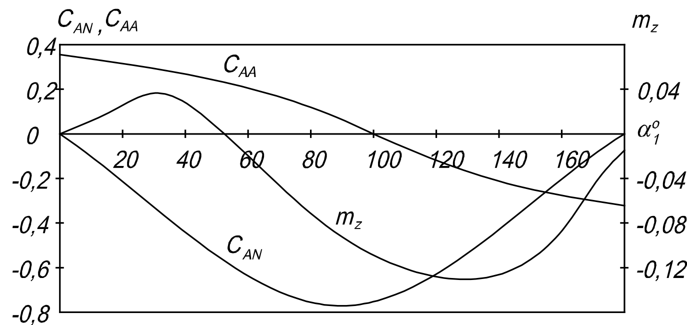
$$M_z = m_z\rho_A v_A^2 F_T L/2 \quad (2.10.3)$$

Trong đó:

ρ_A - khối lượng riêng của không khí

F_T - diện tích hình chiếu phần khô của tàu lên mặt phẳng sườn giữa.

C_{AA}, C_{AN}, m_z - hệ số lực cản không khí, hệ số lực cản khí động ngang và hệ số mômen (Xem H2.19)



Hình 2.19. ***Hệ số C_{AA}, C_{AN} và m_z phụ thuộc α_1.***

Về cơ bản lực cản không khí chủ yếu là lực cản hình dáng khi $\alpha_1 \approx 0$ hoặc $\alpha_1 \approx 180^o$ các thượng tầng che khuất lẫn nhau. Khi $\alpha_1 \approx 20^o \div 40^o$ tác dụng che khuất lẫn nhau biến mất nên lực cản không khí sẽ tăng lên. Khi không có gió thì R_{AA} thường không lớn.

Đối với tàu vận tải tuỳ thuộc vào hình dáng phần khô và vận tốc $R_{AA} = 1,5 \div 3\%$. Khi có gió và ngược gió cấp $4 \div 5$ trên các tàu vận tải có thể chiếm tới $10 \div 15$ % lực cản toàn bộ. ở những tàu cao tốc R_{AA} có trị số đáng kể ngay cả khi không có gió.

Hệ số C_{AA} khi $\alpha_1 = 0$ cho các kiểu tàu mà khi tính toán sơ bộ phải dùng đến

Kiểu tàu	C_{AA}
Tàu dầu, container, tàu hành khách	0,5 - 1,0
Các tàu cao tốc	0,4 - 0,6
Tàu hành khách chạy sông - Với thượng tầng thông thường - Với thượng tầng thoát khí	 0,8 - 0,9 0,4 - 0,5

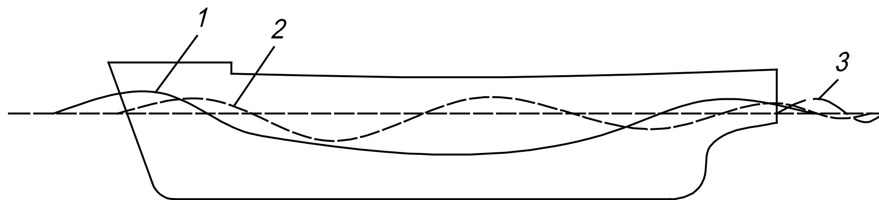
Do tác dụng đồng thời của lực thuỷ động và khí động lên thân tàu và bánh lái nên tàu chạy lệch hướng một góc β với góc bẻ lái là δ_P.

Chương 3
LỰC CẢN SÓNG

3.1. SỰ HÌNH THÀNH SÓNG BẢN THÂN KHI TÀU CHUYỂN ĐỘNG

Khi tàu chuyển động trên mặt thoáng của chất lỏng trọng lực sẽ sinh ra sóng (sóng bản thân), sóng đó sinh ra lực cản sóng.

Sóng sinh ra khi tàu chuyển động là do tác dụng của trọng lực và sức căng bề mặt của chất lỏng. Trọng lực đóng vai trò chính trong việc hình thành sóng và tạo nên lực cản sóng.

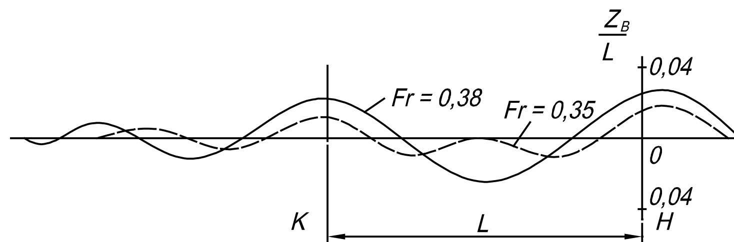


Hình 3.1. ***Sự tạo thành sóng bản thân.***

Mặt thoáng không ngăn cản được hạt lỏng di chuyển theo hướng thẳng đứng, nên theo phương trình Becnuli khi tàu chuyển động trong nước ở vùng mũi và đuôi áp lực tăng lên làm mặt nước dâng lên, còn ở phần giữa tàu áp lực giảm xuống làm mặt nước tụt xuống (Xem H3.1) ứng với đường 1. Dưới tác dụng của trọng lực và sức căng bề mặt các hạt lỏng nằm xung quanh tàu mất thế cân bằng bắt đầu thực hiện các dao động. Do tác dụng của lực quán tính các pha của chúng bị tụt lại so với các kích thích cơ bản, các dao động đó tương ứng là đường 2 và đường 3 có nguồn lùi, làm mặt thoáng biến dạng lặp đi lặp lại. Do kết hợp các loại biến dạng mặt thoáng, mà ở phần mũi nước dâng lên gọi là đỉnh sóng và phần giữa tàu nước tụt xuống gọi là đáy sóng.

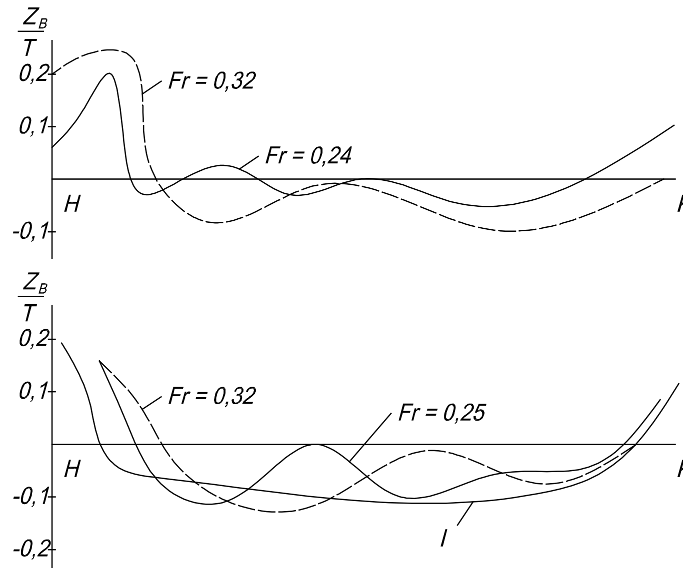
Sóng lan truyền về phía sau đuôi tàu và có dạng hình dải quạt.

Trên hình 3.2 mô tả dạng sóng ở mạn và sau đuôi tàu



Hình 3.2. ***Sóng ở mạn và sau đuôi tàu.***

Vậy khi vận tốc khác nhau thì kết cấu của đường dòng, trường vận tốc và áp suất sẽ khác nhau. Kết luận này được khẳng định qua hình vẽ dưới đây:



Hình 3.3. ***Prôfin sóng và sự phân bố áp suất dọc thân tàu.***

Đường I - áp lực khi thử mô hình trong ống khí động không chịu ảnh hưởng của sóng bản thân.

Sự thay đổi trường áp suất do sóng bản thân dẫn đến việc xuất hiện lực cản sóng cũng như lực nâng, mô men dọc làm chiều chìm và góc chúi của tàu thay đổi khi tàu chuyển động.

Sóng bản thân bao gồm hai hệ sóng chéo và ngang. Đối với tàu béo sóng mũi biến mất. Trên những tàu có đoạn thân ống dài nhìn thấy rõ nhóm sóng chéo và ngang ở phía mũi và đuôi tàu. Các đỉnh sóng này không nằm ngoài giới hạn của hình quạt, đướng sinh của hình quạt tạo với mặt phẳng đối xứng góc α_B, ở trong nước sâu góc này không phụ thuộc tốc độ, hình dáng tàu và bằng khoảng $28 \div 20^o$. Trong quạt này sự kích động của mặt thoáng không đáng kể và càng xa biên của nó càng dập tắt nhanh. Các đỉnh của các sóng chéo hơi bị uốn cong nhưng trị số của góc giữa đoạn đỉnh sóng nằm gần biên ngoài cùng của hình quạt và mặt phẳng đối xứng là $2\alpha_B$.

Các sóng ngang đều nằm bên trong quạt, các đỉnh của chúng có dạng hình cung nghiêng với mặt phẳng đối xứng góc 90^o. Toàn bộ hình ảnh của sóng ngang sau đuôi tàu được tạo thành bởi sự giao thoa và tác dụng tương hỗ của các sóng ngang nhóm mũi và nhóm đuôi. Chiều dài các sóng ngang tăng dần về phía đuôi.

Nếu giả thiết rằng nguồn dự trữ năng lượng của chúng là thay đổi và năng lượng sóng tỉ lệ với bình phương của biên độ thì có thể kết luận rằng: Chiều cao các sóng đó giảm tỉ lệ nghịch với căn bậc hai của khoảng cách tính từ mũi (Xem H3.2). Khi tàu chuyển động thì hệ thống sóng vẫn cố định đối với người quan sát đứng trên tàu, nghĩa là nó di chuyển cùng với vận tốc v.

Từ lý thuyết sóng ta thấy vận tốc truyền sóng C với biên độ rất bé trên nước sâu có liên quan với chiều dài sóng λ theo hệ thức:

$$\lambda = 2\pi C^2/g \tag{3.1.1}$$

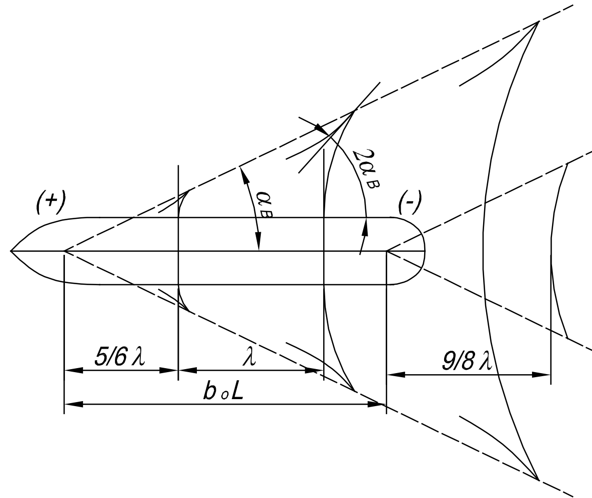
Khi lấy C = v ta tính được số lượng sóng chồng xếp lên nhau dọc theo đường nước của tàu:

$$L/\lambda = gL/(2\pi v^2) = 1/(2\pi Fr^2) \tag{3.1.2}$$

Kết quả đúng với sóng bản thân của mô hình tàu có Fr < 0,5.

Dạng của gồ sóng phía sau đuôi tàu là kết quả giao thoa nhóm sóng mũi và đuôi.

Quá trình tương tác giữa hai nhóm sóng có thể xét được nếu thay thế một cách có hệ thống tác dụng của điểm mũi và điểm đuôi tàu bằng điểm áp suất dương (+) và âm (-) di chuyển, khoảng cách giữa các điểm này có thể lấy bằng b_oL, trong đó $b_o < 1$.



Hình 3.4. ***Sơ đồ sóng bản thân khi chịu áp suất di động.***

Sóng bản thân sinh ra bởi các điểm áp suất di động với vận tốc v trên mặt nước, nó nằm gọn trong quạt, có đỉnh là tâm áp suất và các đường sinh tạo với nhau góc $2\alpha_B = 38^o56'$. Các sườn sóng ngang đầu tiên nằm cách sau tâm áp suất (+) và (-) một khoảng $x_t = 5/6\lambda$ và $x = 9/8\lambda$.

Ta xét quá trình kết hợp các dao động sinh bởi các áp suất (+) và (-). Tổng biên độ của các sóng ngang là:

$$a = \sqrt{a_H^2 + a_K^2 + 2a_H a_K \cos\varepsilon_o} \quad (3.1.3)$$

Trong đó:

a_H - biên độ hệ sóng ngang ở mũi có xét đến lượng giảm nó khi chuyển về phía đuôi.

a_K - biên độ của hệ sóng ngang ở đuôi.

ε_o - góc lệch pha của các sóng thuộc hai hệ.

Góc ε_o có thể tính dựa vào hình 3.4

$$\varepsilon_o = 2\pi(b_oL + 0,5\lambda)/\lambda$$

Vì $\cos[2\pi(b_oL + 0,5\lambda)/\lambda] = -\cos(2\pi b_oL/\lambda)$ nên dựa vào công thức (3.1.2) ta có thể viết:

$$a = \sqrt{a_H^2 + a_K^2 - 2a_H a_K \cos\left(b_o / Fr^2\right)} \quad (3.1.3)$$

- Nếu pha của các sóng ngang hệ mũi và đuôi trùng nhau và $\cos(b_o/Fr^2) = -1$, nghĩa là $Fr^2 = b_o/n\pi$, trong đó n = 1,3,5,... thì sau đuôi tàu xuất hiện các sóng ngang giao thoa với biên độ $a = a_H + a_K$. Các số Fr và vận tốc tương ứng với chúng trong trường hợp này là bất lợi.

- Còn khi $\cos(b_o/Fr^2) = 1$ sẽ xảy ra hiện tượng đáy và đỉnh của hai nhóm sóng kết hợp với nhau, lúc đó $a = a_H - a_K$ và đỉnh sóng ngang giao thoa sau đuôi tàu sẽ bị san bằng đáng kể, các số Fr tạo nên hiện tượng này gọi là các số Fr có lợi.

Hệ số b_o phụ thuộc vận tốc và hình dáng thân tàu:

$b_o = \varphi + \pi Fr^2/2$ khi $Fr < \sqrt{\varphi/2\pi}$

Nếu $Fr \geq 0,5$ quá trình giao thoa nói trên mất hết ý nghĩa.

3.2. CÁC TÍNH CHẤT CỦA LỰC CẢN SÓNG

Lực cản sóng của tàu thực hoặc mô hình được xác định bằng biểu thức sau:

$$R_W = -\int_{\Omega} P\cos(n,x)d\Omega$$

Công thức này cho phép tính lực cản sóng của chất lỏng không nhớt còn nếu chất lỏng nhớt thì tích phân bên vế phải là tổng của lực cản sóng và hình dáng.

Khi thử mô hình tàu ta nhận được:

$$C_W = C - C_{Fo}\left(1 + k_{\phi}\right) \qquad (3.2.1)$$

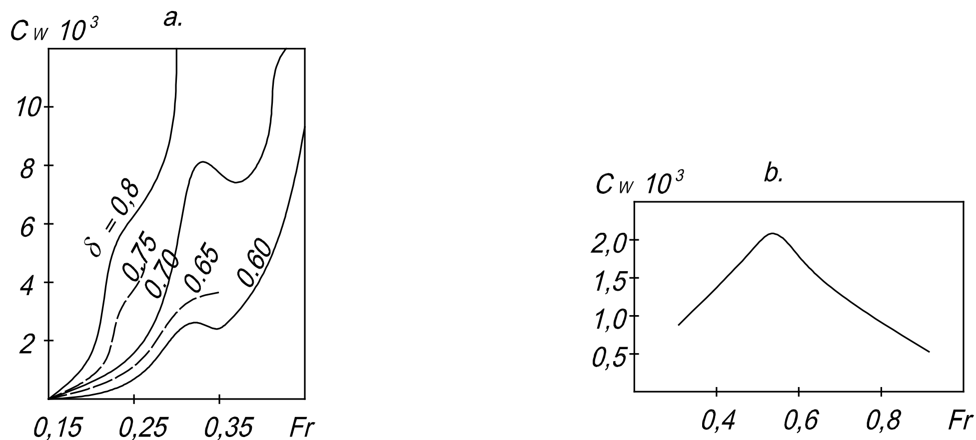
Để xác định lực cản sóng theo vết thuỷ động học ta có thể sử dụng công thức (1.5.5)

Lực cản sóng cũng có thể xác định được ngay khi đã xác lập được mối quan hệ của nó với năng lượng sóng. Năng lượng đó tỉ lệ thuận với bình phương biên độ của sóng.

Trong vùng của các số Fr bất lợi người ta quan sát được hiện tượng tăng tương đối của biên độ các sóng ngang.

Hệ số lực cản sóng có một dãy cực đại và cực tiểu. Ngoài ra khi Fr $\to$ 0 và Fr $\to \infty$ thì $R_W \to 0$.

Trên hình 3.5 mô tả C_W = f(Fr) của các Sêri mô hình tàu vận tải có hệ số béo thể tích δ khác nhau, ta nhận thấy các cực đại và cực tiểu theo dạng gồ và trũng.



Hình 3.5. ***Hệ số lực cản sóng theo công thức (3.2.1).***
a. cho các mô hình Sêri "60"
b. cho tàu cao tốc

Trên những tàu có hình dáng bình thường thì các gồ trên đường cong (các cực đại) ứng với Fr bằng 0,22; 0,25; 0,30 và 0,50.

Các tàu vận tải không đạt tới trị số Fr ≈ 0,5.

Trên những tàu béo mũi tàu thì trong vùng Fr = 0,16 ÷ 0,18 lực cản sóng gần bằng không nên lực cản phá sóng mũi sẽ đóng vai trò đáng kể.

Lực cản sóng phụ thuộc vào số Fr, nên ở những số Fr khác nhau thì C_W, C_{WB} của mô hình và tàu thực đồng dạng hình học và sẽ bằng nhau. Như vậy hình ảnh của các sóng phát sinh đồng dạng hình học. Do đó:

$$\left.\begin{aligned}&(C_W + C_{WB})_M = (C_W + C_{WB})_H \\ &\text{Khi} \quad Fr_M = Fr_H\end{aligned}\right\} \qquad (3.2.2)$$

Lúc đó:

$$v_M = v_H\sqrt{\frac{L_M}{L_H}} = v_H\sqrt{k} \qquad (3.2.3)$$

Nếu sử dụng công thức $R_x = (C_V + C_W)\rho v^2\Omega/2$ và kết hợp với (3.2.2) để tính lực cản sóng thì tỉ số của lực cản sóng của các vật đồng dạng hình học khi các số Fr bằng nhau có thể viết:

$$\frac{R_{WM}}{R_{WH}} = \frac{C_{WM}\rho_M v_M^2\Omega_M}{C_{WH}\rho_H v_H^2\Omega_H} = \frac{\rho_M}{\rho_H}k^3 \qquad (3.2.4)$$

Vì $k^3 = V_M/V_H$; $D = \rho gV$ nên:

$$R_{WM}/D_M = R_{WH}/D_H \qquad (3.2.5)$$

Nghĩa là lực cản sóng đơn vị của mô hình và tàu thực bằng nhau khi $Fr_M = Fr_H$.

3.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP GIẢM LỰC CẢN SÓNG

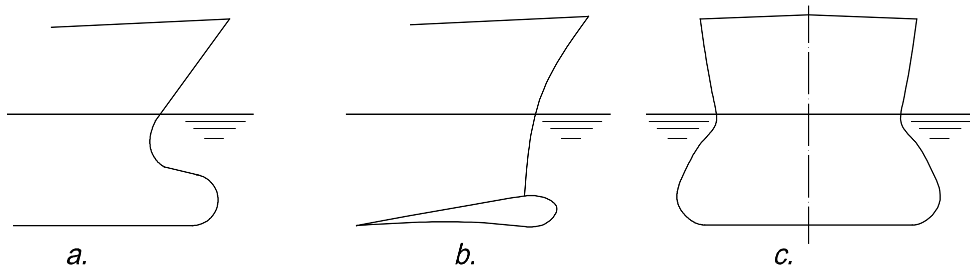
Lực cản sóng của tàu chủ yếu phụ thuộc vào số Fr và hình dáng thân tàu, $R_W \to 0$ khi Fr bé hoặc lớn. Việc giảm số Fr không phải là giảm lực cản sóng theo hướng tích cực, tuy nhiên nhiều trường hợp khi giảm số Fr có thể đạt ưu thế về lực cản sóng và đưa chuyển động vào vùng tốc độ có lợi (H3.5).

- Việc thay đổi số Fr theo hướng có lợi khi giữ nguyên tốc độ chuyển động bằng cách thay đổi chiều dài tàu.
- Việc giảm đột ngột hoặc triệt tiêu hoàn toàn lực cản sóng khi đưa chuyển động vào số Fr > 1,0, các chế độ này là chế độ nổi tĩnh bằng chế độ lướt (nổi động), hay nói cách khác là vùng tàu cánh ngầm hoặc tàu đệm khí.
- Dùng tàu ngầm:

Với số Fr đã cho để giảm lực cản sóng bằng cách chọn hợp lý các kích thước và hệ số béo thân tàu. Tăng L/B và $\psi = \sqrt[3]{V}$.

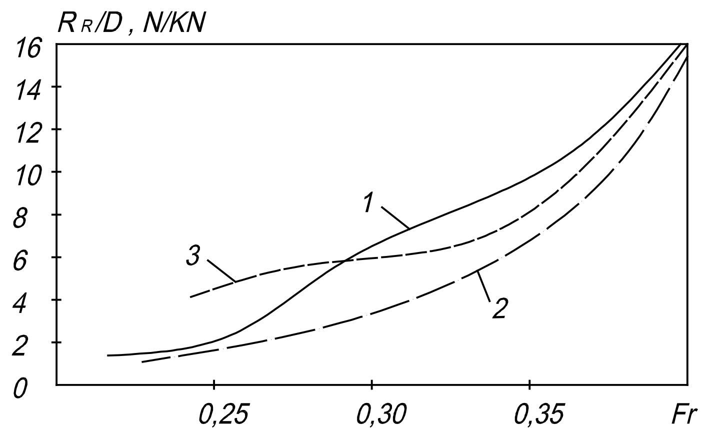
Để giảm lực cản sóng ta dùng thiết bị giao thoa như mũi quả lê, cánh,...

Nếu chọn kích thước và vị trí hợp lý của mũi quả lê thì hệ sóng do bản thân mũi quả lê sinh ra sẽ giao thoa có lợi với thân chính của tàu làm giảm lực cản sóng.



Hình 3.6. ***Sơ đồ của các thiết bị giao thoa.***
a. mũi quả lê
b. cánh mũi
c. gót mạn

Hình 3.7 giới thiệu lực cản dư đơn vị của tàu có hoặc không có thiết bị giao thoa.



Hình 3.7. ***Lực cản dư đơn vị của tàu.***

1. không có mũi quả lê

2. có mũi quả lê

3. có cánh mũi

Chương 4
LỰC CẢN KHI TÀU CHUYỂN ĐỘNG TRONG NƯỚC CẠN VÀ KÊNH ĐÀO

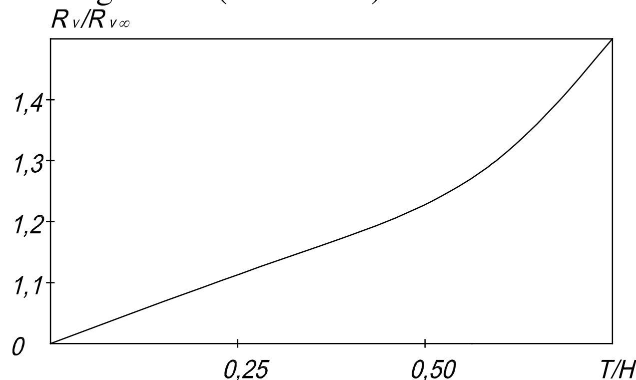
4.1. LỰC CẢN KHI TÀU CHUYỂN ĐỘNG TRONG NƯỚC CẠN

Sự thay đổi lực cản của tàu nội địa khi chạy trong nước cạn sẽ đánh giá được ảnh hưởng của chiều sâu luồng lạch tới lực cản.

Ảnh hưởng do sự hạn chế của chiều sâu luồng lạch được đặc trưng bằng tỉ số H/T hoặc H/L (trong đó H là chiều sâu luồng lạch). Các chuẩn đồng dạng có liên quan đến chiều sâu hạn chế là số $Fr_H = v/\sqrt{gH}$ là thông số mà khi tàu chuyển động trong nước cạn phụ thuộc vào nó.

Chiều sâu luồng lạch có ảnh hưởng tới lực cản nhớt và lực cản sóng hình thành lớp biên dọc đáy sông làm tăng lực cản ma sát, đồng thời lực cản hình dáng cũng tăng thêm.

Đặc biệt khi H/T =2,0 ÷ 1,5 lực cản nhớt tăng lên rõ rệt, kết quả này rút ra từ việc thử mô hình tàu cỡ lớn trong bể thử (Xem H4.1)



Hình 4.1. ***Lực cản nhớt phụ thuộc vào chiều sâu luồng lạch.***

Do chiều sâu hạn chế nên lực cản sóng cũng thay đổi đáng kể. Với vận tốc truyền sóng tiến như nhau, thì chiều dài của các sóng tiến trên nước cạn lớn hơn trên nước sâu, nên lực cản sóng nước cạn lớn hơn nước sâu.

Khi tỉ số H/λ bé thì vận tốc truyền sóng tới hạn được kí hiệu là v_{th}.

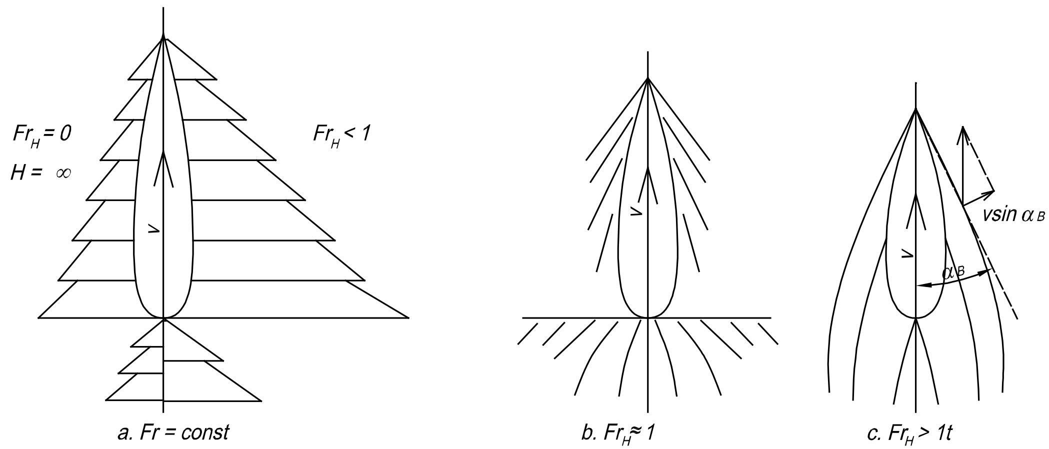
$v_{th} = \sqrt{gH}$; ứng với $Fr_H = 1$

Nếu $v_{th} < \sqrt{gH}$ gọi là vận tốc trước tới hạn

Nếu $v_{th} > \sqrt{gH}$ gọi là vận tốc sau tới hạn.

* Khi $v_{th} < \sqrt{gH} \Rightarrow Fr_H < 1,0$ thì chiều dài sóng λ chỗ nước nông lớn hơn chỗ nước sâu, làm quạt sóng mở rộng (Xem H4.2.a)

Bên trái mặt phẳng đối xứng là sơ đồ sóng bản thân ở chỗ nước sâu H = ∞, còn bên phải là ở chỗ nước cạn khi cùng vận tốc v, làm tăng diện tích mặt thoáng mà sóng bao phủ, dẫn tới làm tăng vận tốc cảm ứng tăng chiều cao sóng nên lực cản sóng tăng thêm.



Hình 4.2. ***Sơ đồ sóng bản thân khi tàu chuyển động trong vùng nước cạn.***

* Khi $v_{th} \approx \sqrt{gH} \Rightarrow Fr_H \approx 1$.

Góc giữa sườn sóng ngang chéo thuộc nhóm mũi và nhóm đuôi tạo với mặt phẳng đối xứng của tàu một góc gần 90º và cả hai hệ sóng về cơ bản dồn thành hai sóng ngang (Xem H4.2.b).

Khi H/T bé sóng mũi có biên độ đáng kể làm tăng đột ngột lực cản sóng, các sóng ngang này được xếp vào loại đơn, các sóng đơn chỉ sinh ra một lần không phải tiêu tốn năng lượng để duy trì nó và sóng này có thể lan truyền về phía trước tàu. Khi H < L/2 thì thấy sóng này xuất hiện rõ nhất, tuy nhiên sự thay đổi của lực cản sóng vẫn thấy rõ ngay cả khi H > L/2 nhất là trong khu vực 0,4 < Fr < 0,6.

* Khi $v_{th} > \sqrt{gH} \Rightarrow Fr_H > 1,0$

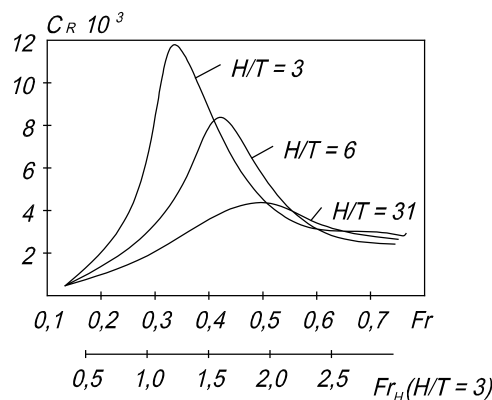
Vận tốc tàu cao hơn vận tốc tới hạn, lúc này các sóng ngang biến mất, mà chỉ còn lại các sóng chéo. Vận tốc truyền sóng chéo vuông góc với sườn của nó (sườn của sóng chéo tạo với mặt phẳng đối xứng góc α_B). (Xem H4.2.c)

$$v\cos(90^o - \alpha_B) \le \sqrt{gH} \qquad (4.1.1)$$

$$\text{nghĩa là } \sin\alpha_B \le 1/Fr_H \qquad (4.1.2)$$

Khi chuyển động sau giới hạn quạt sóng chỉ chứa các sóng chéo và chiều rộng quạt giảm dần khi vận tốc tăng lên với Fr_H >3 nó rất hẹp so với dải nước sâu. Việc biên mất các sóng ngang và vùng sóng bao phủ thu hẹp vào sát thành tàu dẫn đến việc giảm lực cản sóng, lực cản đó nhỏ hơn so với chỗ nước sâu.

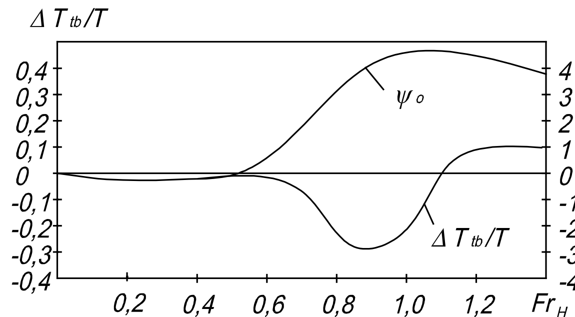
Ảnh hưởng của chiều sâu hạn chế đến lực cản (Xem H4.3)



Hình 4.3. ***Lực cản dư phụ thuộc chiều sâu luồng lạch.***

Nếu H/T =31 hệ số lực cản dư của tàu C_R trong vùng nước cạn tương tự như vùng nước sâu vô hạn.

Song song với lực cản, tư thế của tàu khi chuyển động trong nước cạn cũng bị thay đổi đáng kể. Trên hình 4.4 mô tả các đường cong nói lên sự thay đổi góc chúi ψ_o và chiều chìm tương đối $\Delta T_{tb}/T$



Hình 4.4. ***Sự thay đổi góc chúi và chiều chìm tương đối cho tàu sông cao tốc chạy trong nước cạn.***

Sự thay đổi đó sẽ đáng kể khi tàu chạy gần vùng vận tốc giới hạn, nghĩa là khi hình thành sóng đơn có Fr ≈ 1.

Hiện tượng này nguy hiểm do tàu va vào đáy sông qua các bãi bồi. Sau vận tốc tới hạn thì góc chúi giảm dần.

4.2. LỰC CẢN KHI TÀU CHUYỂN ĐỘNG TRONG KÊNH ĐÀO

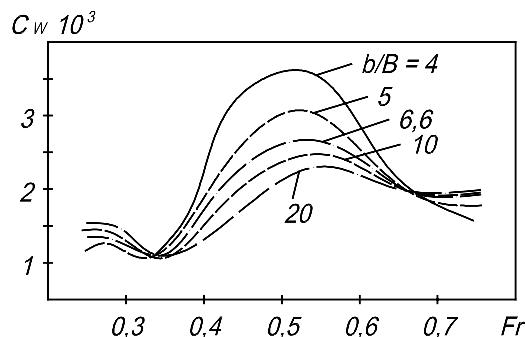
Kênh đào có thể chia thành:

- Kênh nước sâu
- Kênh nước cạn.

Khi tàu chạy trong kênh đào có chiều sâu vô hạn, nó tương tự như chạy trong vịnh hẹp nhưng sâu (fiord). Trong trường hợp này chỉ xét ảnh hưởng của sự hạn chế của chiều rộng của vùng nước sâu tới lực cản. Các thành kênh hẹp làm phản xạ các sóng chéo và hắt các sóng đó lên thân tàu, do đó làm xuất hiện sự giao thoa của các hệ sóng, gây ảnh hưởng tới lực cản sóng.

Trong các kênh rộng các sóng phản xạ không truyền tới thân tàu nhưng dù sao các vận tốc cảm ưnứg bổ sung bởi các thành kênh vẫn làm * phân bố lại áp suất sóng nên vẫn làm thay đổi lực cản sóng.

Trên hình 4.5 trình bày các hệ số lực cản sóng của các mô hình chuyển động trong kênh nước sâu hứng hẹp ở 0, 35 < Fr < 0,55



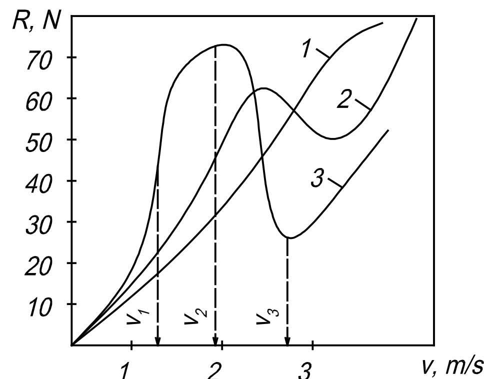
Hình 4.5. ***Hệ số C_W phụ thuộc Fr và b/B.***

Ngoài tỉ số b/B, H/T còn có thông số bổ xung khi chạy trong kênh cạn là $\omega_{\otimes}/F_K$, trong đó $\omega_{\otimes}$, F_K tương ứng là diện tích sườn giữa và diện tích mặt cắt kênh.

Các hiện tượng xảy ra trong kênh cạn tương tự như trong nước cạn nhưng còn thêm một loạt các tính chất bổ xung đó là xuất hiện trong vùng tàu nằm và một khoảng trước tàu dòng chất lỏng có vận tốc Δv.

Khi vận tốc tàu lớn hơn v_1 (v_1 là vận tốc tới hạn thứ nhất) thì vận tốc Δv hướng về phía ngược chiều với chiều chuyển động của tàu, nghĩa là xuất hiện dòng nước ngược làm tăng thêm vận tốc trung bình của dòng bao.

Khi vận tốc tàu lớn hơn v_2 (v_2 là vận tốc tới hạn thứ hai) xuất hiện dòng nước bổ xung với vận tốc ($-\Delta v$) hướng theo chiều chuyển dộng của tàu tạo nên dòng theo nhỏ hơn vận tốc tương đối của dòng bao tàu. Vùng vận tốc $v_1 < v < v_2$ gọi là vùng vận tốc tới hạn, dòng bao tàu trong vùng này không ổn định và có tính chất phức tạp, sự xuất hiện dòng nước bổ xung làm thay đổi lực cản nhớt của tàu và tư thế tàu, chính là sự thay đổi chiều chìm và góc chúi.



Hình 4.6. ***Lực cản mô hình tàu khi H/T =4.***

1. Trong nước sâu

2. trong nước cạn

3. trong kênh đào

Khi $v < v_1$ mực nước bị hạ thấp do dòng ngược.

Khi $v < v_2$ mực nước dâng cao.

Vận tốc Δv phụ thuộc $\omega_{\otimes}/F_K$, hình dáng thân tàu, hình dáng mặt cắt kênh.

Trong vùng gần giới hạn lực cản tăng thêm là do lực cản nhớt tăng còn khi $Fr_H >$ 0,5 do lực cản sóng tăng.

Khi vận tốc gần v_1 phải hạn chế vận tốc tàu chạy trong kênh và thường lấy $v < 0{,}55\sqrt{gH}$.

Sau khi vượt qua v_1 lực cản vẫn tiếp tục tăng nhưng không mạnh, tàu bắt đầu nổi lên từ từ so với tư thế tĩnh. Quá trình đó kết thúc trong vùng thuộc vận tốc tới hạn thứ hai, sóng gối đơn phát triển nơi mà lực cản đạt cực đại.

Khi vượt qua v_2 gối nước mũi tàu và sóng đơn biến mất và quanh tàu chỉ còn lại sóng chéo, với vận tốc v_3 nào đó lực cản sẽ có giá trị nhỏ nhất.

Trong vùng v_2 và v_3 hình ảnh dòng bao tàu và tư thế tàu không ổn định. Khi $v > v_2$ chiều cao sóng không lớn, độ chúi từ từ giảm, giải thích hiện tượng này là do các sóng ngang biến mất.

Trị số v_1, v_2 và v_3 phụ thuộc vào $\omega_{\otimes}/F_K$, H/T, hình dáng mặt cắt kênh.

Dùng kênh thí nghiệm có mặt cắt ngang hình thang, lòng vát hình chảo với $\omega_{\otimes}/F_K$ khác nhau, vận tốc tàu gần tới hạn thì kết quả cho rằng kênh hình chữ nhật cho lực cản nhỏ hơn kênh hình thang khoảng $20 \div 40\%$.

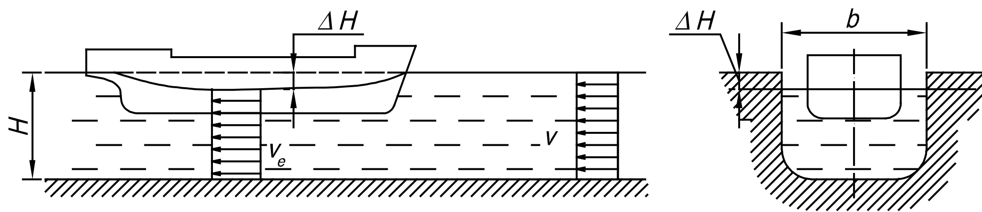
Trong vùng gần vận tốc tới hạn tàu sẽ chúi đuôi, lực áp suất tác dụng lên đáy tàu theo hướng chuyển động lực này là ΔR_P, gần đúng được tính $\Delta R_P = D\Psi$.

Khi tàu không nằm trong mặt phẳng đối xứng của kênh mà gần một thành kênh thì hình ảnh dòng bao tàu và sóng bản thân không đối xứng, hiện tượng đó sẽ làm tăng lực cản trong vùng gần tới hạn, đồng thời phát sinh lực ngang, lực đó sẽ áp tàu vào thành kênh gần nhất, và trong vùng sau tới hạn sẽ đẩy tàu xa thành kênh đó.

4.3. NGHIÊN CỨU LÝ THUYẾT VỀ LỰC CẢN CỦA TÀU CHUYỂN ĐỘNG TRONG KÊNH ĐÀO

Ta giả thiết rằng đang xét dòng bao tàu đứng yên trong kênh với mặt cắt ngang cố định, chất lỏng được coi là không nhớt, dòng chảy trong mặt cắt là không đổi.

Sau khi viết phương trình Bécnuli cho các điểm nằm trên mặt thoáng xa trước thân tàu và trong mặt cắt sườn giữa các tàu (Xem H4.7)



Hình 4.7. ***Sơ đồ dòng bao tàu trong kênh.***

$$\rho g H + \rho v^2/2 = \rho g H_1 + \rho v_c^2/2 \qquad (4.3.1)$$

Trong đó:

$H_1 = H \pm \Delta H$ có xét đến lượng biến thiên mặt nước.

v_c - vận tốc tại sườn giữa.

Phương trình lưu lượng chất lỏng qua mặt cắt kênh nằm xa trước thân tàu và mặt cắt tại sườn giữa với chiều rộng kênh không đổi:

$$vF_K = v_c(F_K - \omega_{\otimes} - b\Delta H) \qquad (4.3.2)$$

Dựa vào (4.3.1) ta tìm được lượng biến thiên mặt nước trong vùng tàu nằm:

$$\Delta H = (v_c^2 - v^2)/2g \qquad (4.3.3)$$

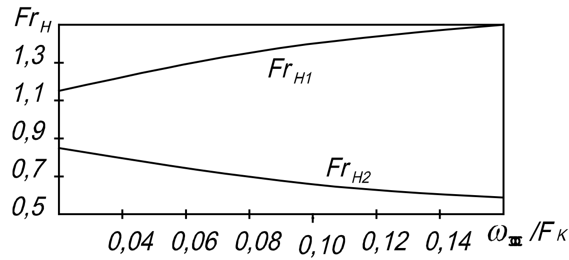
Thay vào (4.3.2) ta có phương trình bậc ba để tính vận tốc dòng chảy trong mặt cắt bị bó hẹp v_c:

$$v_c^3 - v_c[v^2 + 2g(F_K - \omega_{\otimes})/b] + 2gvF_K/b = 0 \qquad (4.3.4)$$

Phân tích phương trình này cho thấy tuỳ theo trị số của $Fr_H = v/\sqrt{gF_K/b}$ trong đó $F_K/b = H_{tb}$ khi $\omega_{\otimes}/F_K$ cố định.

Các vận tốc v_c có thể nhỏ hơn hoặc lớn hơn vận tốc v nếu như trong vùng vận tốc $v_1 < v < v_2$ nơi mà phương trình không cho các nghiệm có ý nghĩa vật lý, điều đó chứng tỏ trong vùng tới hạn đã cho các tiên đề vật lý dùng để chứng minh không đúng với $\omega_\otimes/F_K$ đã cho.

A.M. Basin đã tính các vận tốc v_1, v_2 theo $\omega_\otimes/F_K$ các kết quả tính toán được nêu trên hình 4.8, khi $b\to\infty$ nghĩa là chuyển động trong kênh cạn $v_1\to v_2\to\sqrt{gH}$



Hình 4.8. ***Các trị số*** $Fr_{H1} = v_1/\sqrt{gH_{tb}}$ ***và*** $Fr_{H2} = v_2/\sqrt{gH_{tb}}$ ***phụ thuộc vào*** $\omega_\otimes/F_K$.

Chương 5
LỰC CẢN KHI TÀU CHUYỂN ĐỘNG TRÊN SÓNG BIỂN

Ảnh hưởng của sóng biển tới lực cản và vận tốc của tàu

Vận tốc khi chuyển động trên sóng phụ thuộc vào sự thay đổi lực cản chuyển động và làm giảm hiệu suất của chong chóng cũng như khả năng điều động tàu.

Lực cản chuyển động của tàu phụ thuộc đồng thời vào sóng biển và chòng chành của tàu. Sự thay đổi mặt ướt do tàu chòng chành và sóng biển làm xuất hiện hiện tượng Sơleming.

Sự thay đổi lực cản chủ yếu sinh ra bởi ảnh hưởng đồng thời của sóng biển và chòng chành tới dòng bao thân tàu.

Việc nghiên cứu khảo sát các tính chất của lực cản bổ sung khi tàu chạy trên sóng biển phải dựa vào số liệu trong các điều kiện chuyển động của mô hình tàu trong bể thử trên sóng tuyến tính.

Lực cản bổ xung khi tàu chạy trên sóng:

$$R_{AW} = R - R_{TB}$$

Trong đó:

R_{TB} - lực cản của tàu khi chuyển động trên nước yên lặng và được sinh ra bởi các nguyên nhân cơ bản.

Khi bỏ qua sự thay đổi của lực cản nhớt R_{AW} có thể được viết dưới dạng:

$$R_{AW} = R_{AW1} + R_{AW2} + R_{AW3}$$

Trong đó:

R_{AW1} - gọi là lực cản chòng chành.

Khi tàu chòng chành dẫn đến việc phân bố lại áp suất dọc thân tàu làm xuất hiện thành phần lực cản bổ xung do tàu chòng chành R_{AW1} so với lực cản của tàu không chòng chành và chuyển động trên nước yên lặng.

R_{AW2} - gọi là lực cản nhiễu xạ.

Nếu cho tàu không chòng chành trên sóng thì khi đó tàu được coi là một trướng ngại vật, khi các sóng biển tác dụng lên thân tàu, thì chúng bị phản xạ lại một phần, quá trình đó gọi là sự nhiễu xạ của các sóng và sinh ra một thành phần lực cản bổ xung R_{AW2}.

R_{AW3} - gọi là lực cản tương tác.

Hệ thống sóng sinh ra bởi tàu dao động tương tác với sóng tiến đã bị quá trình nhiễu xạ biến thể, sinh ra thành phần lực cản bổ sung R_{AW3}.

Công thức R_{AW} đúng ngay cả khi tàu chạy trên sóng phi tuyến, tuy nhiên vai trò của từng số hạng trên sóng tuyến tính và phi tuyến là khác nhau.

Các thông số ảnh hưởng đến thành phần lực cản bổ xung khi tàu chạy trên sóng biển là: tỉ số λ/L; $2z_B/\lambda$ (trong đó z_B là biên độ của sóng), góc chạy tàu β_B (góc tạo bởi hướng vận tốc tàu và hướng truyền sóng). Khi tàu chuyển động trên sóng tiến $\beta_B = 180^o$ và chạy trên sóng theo thì $\beta_B = 0^o$.

Để so sánh khả năng di động của tàu trên sóng cần phải sử dụng lực cản bổ xung đơn vị $R_{AW}/D = f(Fr, \lambda/L, 2z_B/\lambda, \beta_B)$ hoặc hệ số lực cản bổ xung không thứ nguyên $\sigma_{AW} = R_{AW}/\rho g z_B^2 B^2 L^{-1}$.

Các kết quả thí nghiệm cho thấy rằng: Khi Fr = const, chiều cao tương đối của sóng $2z_B/\lambda$ = const thì lực cản bổ xung khi tàu chạy trên sóng tiến có điểm cực đại nằm trong vùng chiều dài sóng gần bằng chiều dài tàu ($\lambda \approx L$)

Càng tăng số Fr thì R_{AW} càng tăng.

Khi tàu chạy xuôi sóng (chạy trên sóng theo) nếu $v/c < 1$; $\beta_B = 0$ thì lực cản thay đổi không đáng kể, nhất là khi tỉ số λ/L lớn.

Khi $v/c > 1$ sóng di chuyển chậm hơn tàu và chuyển động giống như trường hợp ngược sóng.

Sự thay đổi lực cản khi tàu chạy chéo sóng rất phức tạp, tuy nhiên R_{AW} lớn nhất không phải lúc nào cũng ứng với trường hợp chạy ngược sóng và đôi khi $\lambda/L < 1$ vẫn có thể phát hiện ở góc $\beta_B \approx 120 \div 130^o$.

Lượng tổn thất tốc độ khi tàu chạy ngược sóng không những phụ thuộc vào R_{AW} mà còn thành phần lực cản của không khí, vậy buộc tàu phải hạ thấp tốc độ.

Đối với tàu chuyển động ngược sóng và ngược gió là bất lợi nhất. Khi xảy ra nguy hiểm do nước hắt lên boong hoặc Sơleming thì bắt buộc phải hạ thấp tốc độ của tàu.

Chương 6
XÁC ĐỊNH LỰC CẢN CHUYỂN ĐỘNG CỦA TÀU BẰNG PHƯƠNG PHÁP THỰC NGHIỆM

6.1. BỂ THỬ MÔ HÌNH TÀU

Các phương pháp xác định lực cản chuyển động của tàu có thể là:
- bằng phương pháp lý thuyết.
- bằng phương pháp thực nghiệm.

Phương pháp thực nghiệm là dựa trên việc thử mô hình tàu và tàu thực, được áp dụng rộng rãi trong các công trình nghiên cứu khoa học, trong quá trình xây dựng hình dáng cho những con tàu được thiết kế mới, cũng như đánh giá tính di động của những con tàu đã được đóng mới.

Có hai phương pháp nghiên cứu lực cản bằng thực nghiệm đó là thử mô hình tàu và tàu thực.

Thử mô hình tàu cho phép so sánh một cách đáng tin cậy hiệu quả của các phương án khác nhau trong quá trình thiết kế tàu.

Đối với các nước có ngành đóng tàu phát triển thì tàu được thiết kế và đóng mới phải qua giai đoạn thử mô hình để lập dự án thiết kế tối ưu.

Việc lập mô hình về tính di động và các tính năng đi biển khác phải phù hợp với các yêu cầu của lý thuyết đồng dạng động lực học. Lý thuyết đồng dạng là cơ sở để xây dựng các phương pháp tính chuyển kết quả thử mô hình sang tàu thực.

Khi nghiên cứu lực cản bằng thí nghiệm ta áp dụng hai nguyên tắc cơ bản để lập mô hình, đó là:

Nguyên tắc thứ nhất: Lập các mô hình chuyển động phẳng trong nước yên lặng được thực hiện trong các bể thử hoặc trong các vùng nước hở có trang bị đặc biệt.

Nguyên tắc thứ hai: Lập các mô hình chuyển động nghịch đảo, nghĩa là cho dòng bao lấy mô hình đứng yên. Nguyên tắc này được áp dụng trong các ống khí động và ống xâm thực.

Khi vật thể chuyển động đều (không có gia tốc) thì các đặc trưng của dòng bao tàu không phụ thuộc thời gian, nghĩa là số Sh không ảnh hưởng tới các hệ số của lực cản thuỷ động, trong trường hợp này để đảm bảo tính đồng dạng động học của mô hình và tàu thực chỉ cần các trị số Fr và Re.

$$\frac{v_M}{\sqrt{gL_M}} = \frac{v_H}{\sqrt{gL_H}}$$

$$\frac{v_M L_M}{\nu_M} = \frac{v_H L_H}{\nu_H}$$

$$k = \frac{L_M}{L_H}$$

Để thoả mãn điều kiện trên thì phải thử mô hình trong chất lỏng có hệ số nhớt khác với độ nhớt của chất lỏng ν_H nơi mà tàu thực chuyển động:

$$\nu_M = \nu_H k^{1,5} \qquad (6.1.1)$$

Khi hệ số k không lớn, không thể chọn được chất lỏng thích hợp để thử mô hình. Vì vậy khi thử mô hình tàu tính đồng dạng động học của các dòng chảy không được đảm bảo đầy đủ nên khi tính chuyển kết quả từ thử mô hình sang tàu thực sẽ gặp khó khăn. Để tránh những khó khăn đó cần phải sử dụng cách lập mô hình từng phần, bằng cách thoả mãn một trong các điều kiện đồng dạng.

* Lập mô hình từng phần theo số Re:

Từ điều kiện cần thoả mãn $Re_M = Re_H$ thì vận tốc chuyển động của mô hình sẽ là:

$$v_M = v_H(L_H/L_M)(\nu_M/\nu_H) \qquad (6.1.2)$$

Theo (6.1.2) vận tốc mô hình v_M trong chất lỏng có cùng độ nhớt mà tàu thực chuyển động ở đó sẽ lớn hơn 1/k lần so với vận tốc của tàu thực.

Dựa vào $R_{xH} = R_{xM}(\rho_H v_H^2/\rho_M v_M^2)(1/k^2)$ thì lực cản nhớt của mô hình và tàu thực sẽ bằng nhau.

Do vậy khi thử mô hình tàu thường không đảm bảo được sự bằng nhau của các số Re, nghĩa là không đảm bảo được sự đồng dạng của các xoáy, các lực thuỷ động tạo nên bởi độ nhớt của chất lỏng.

* Lập mô hình từng phần theo số Fr.

Từ điều kiện cần thoả mãn $Fr_M = Fr_H$ thì vận tốc chuyển động của mô hình sẽ là:

$$v_M = v_H\sqrt{k} \qquad (6.1.3)$$

Như vậy dựa vào $R_{xH} = R_{xM}(\rho_H v_H^2/\rho_M v_M^2)(1/k^2)$ thì khi mô hình chuyển động trong chất lỏng có cùng khối lượng riêng với tàu thực:

$$R_{xM} = R_{xH}k^3$$

Mục đích của việc thử mô hình là nhằm đánh giá tính hành hải và chọn những đường hình dáng (tuyến hình) tốt nhất cho tàu.

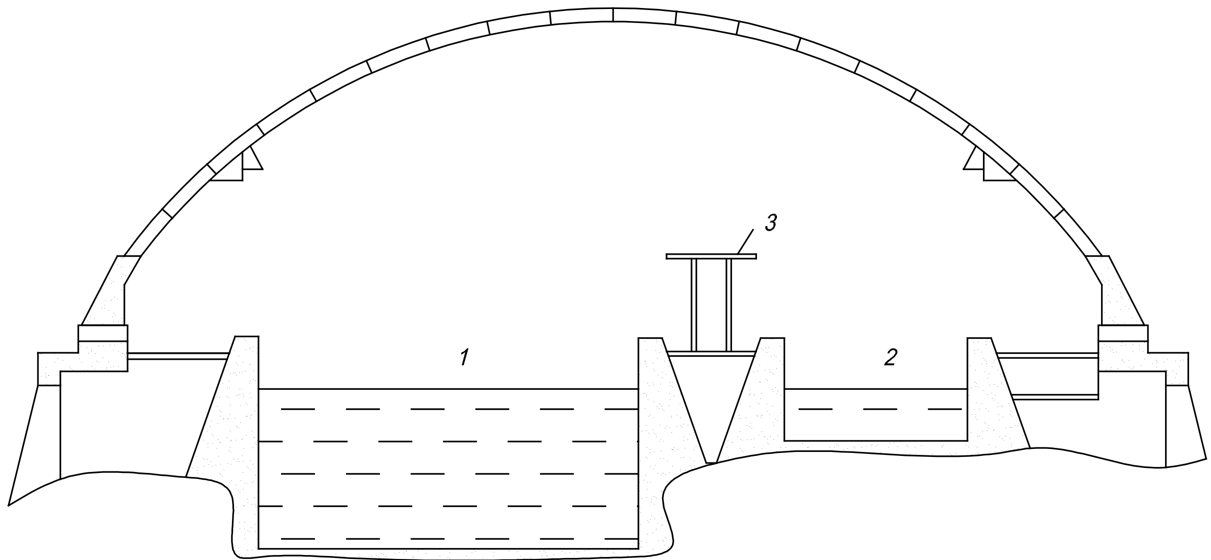
Phương pháp phổ biến nhất là phương pháp thử kéo mô hình trong bể thử. Trong quá trình thử có thể đo được lực kéo R tương ứng với vận tốc chuyển động của mô hình v_M.

Bể thử được làm bằng vật liệu bê tông hoặc kim loại chứa nước ngọt và có mặt thoáng hở.

Các bể thử thường được chia thành hai dạng chính.

- Loại bể có xe tự hành chạy trên đường ray đặt dọc theo bể dùng để kéo mô hình chuyển động. Bể có trang bị các thiết bị đo đặc biệt. Hiện nay việc đo đạc số liệu khi thử cũng như lưu trữ, xử lý các số liệu và vẽ đồ thị,... có thể tự động hoá hoàn toàn nhờ máy tính điện tử.

- Loại bể kiểu trọng lực - Bể thử kiểu này thì mô hình được kéo bằng dây nhờ vật rơi tự do. Ở một số bể kiểu trọng lực cũng có trang bị xe kéo chạy trên đường ray, nhưng không phải kéo mô hình mà kéo các thiết bị đo đặt trên đó. Ngoài ra cũng có các bể thử mà mô hình được kéo bằng tời quấn dây.



Hình 6.1. ***Mặt cắt ngang bể thử Carđerok (Mỹ).***
1. Mặt cắt ngang bể thử nước sâu
2. Mặt cắt ngang bể thử tốc độ
3. Hệ thống cấp năng lượng cho xe thử.

6.2. TÍNH CHUYỂN LỰC CẢN TỪ MÔ HÌNH SANG TÀU THỰC

Do không thoả mãn được đầy đủ các chuẩn đồng dạng cơ bản vì vậy cần phải sử dụng cách lập mô hình từng phần.

Khi lập sơ đồ tính chuyển phải xem cần phải lập mô hình theo tiêu chuẩn đồng dạng nào và thành phần lực thuỷ động nào phụ thuộc vào tiêu chuẩn đó. Các hệ số không thứ nguyên của các thành phần lực cản đó của mô hình và tàu thực phải bằng nhau. còn các thành phần lực cản không được lập mô hình cần phải lợi dụng một số giả thiết có cơ sở vật lý nào đó hoặc phương pháp lý luận để có thể tính riêng chúng ở trên mô hình hoặc để tính cho tàu thực.

Bình thường trong quá trình thử kéo mô hình trong bể thử các số Fr của mô hình và tàu thực phải bằng nhau $Fr_M = Fr_H$. Lực cản nhớt không được lập mô hình và để tách được nó phải lợi dụng giả thiết về sự độc lập của các thành phần lực cản.

Để tính lực cản nhớt ta có thể sử dụng hai phương pháp cơ bản sau đây:

- Phương pháp thứ nhất: Dựa vào việc phân chia lực cản nhớt ra các thành phần, mà mỗi thành phần phải xác định bằng nguyên tắc tính chuyển riêng. Phương pháp này do Froude đề xướng.

- Phương pháp thứ hai: Tính chuyển tổng hợp lực cản nhớt.

Bây giờ ta xét sơ đồ và tính chuyển theo phương pháp thứ nhất. Phần chính của lực cản nhớt được xem như là lực cản ma sát của tấm tương đương. Đối với mô hình là mặt trơn nhẵn thuỷ động, còn đối với tàu thực là mặt nhám với giả thiết dòng bao tàu thực và mô hình là dòng chảy rối. Để tính lực cản ma sát ta dùng tấm rối tương đương. Tiếp theo giả thiết rằng hiệu C_V - C_{Fo} là không đổi, không phụ thuộc vào Re và Fr của tàu thực và mô hình.

Ta gộp R_V - R_{Fo} của tấm tương đương với lực cản sóng R_W thành một tên chung là lực cản dư R_R

$R_R = R - R_{Fo} = R_V - R_{Fo} + R_W$

Vậy hệ số lực cản dư là:

$$C_R = 2(R - R_{Fo})/\rho v^2\Omega \quad (6.2.1)$$

$$\text{Khi } Fr_M = Fr_H \text{ thì } C_{RM} = C_{RH} \quad (6.2.2)$$

Dựa vào công thức (6.2.2) ta thực hiện được phép chuyển.

Từ $R_{WM}/D_M = R_{WH}/D_H$ do sự bằng nhau của $Fr_M = Fr_H$ nên ta có

$$R_{RM}/D_M = R_{RH}/D_H \quad (6.2.3)$$

Nếu không để ý đến sự thay đổi chiều chìm tàu khi chuyển động từ nước ngọt sang nước mặn thì điều kiện (6.2.3) có thể viết dưới dạng sau:

$$R_{RH} = R_{RM}(\rho_H/\rho_M)(1/k^3) \quad (6.2.4)$$

Khi $Fr_M = Fr_H$ và $v_M = v_H k^3$ thì lực cản của nước đối với chuyển động của tàu được xác định bằng công thức sau:

$$R_H = (R_M - R_{FoM})(\rho_H/\rho_M)(1/K^3) + R_{FoH} \quad (6.2.5)$$

Theo hệ số lực cản của mô hình và tàu thực ta có:

$$C_M = 2R_M/\rho_M v_M^2\Omega_M \text{ và } C_H = 2R_H/\rho_H v_H^2\Omega_H \quad (6.2.6)$$

Để xác định hệ số cản toàn bộ của nước đối với chuyển động của tàu ta cộng hệ số lực cản dư C_{RH} với các hệ số cản sau: hệ số cản ma sát của tấm tương đương C_{FoH} tương ứng với tàu, hệ số gia tăng do độ nhám vỏ bao tàu C_A và nếu mô hình được thử không có phần nhô thì cộng cả hệ số cản xét tới phần nhô C_{AP}.

Do đó, hệ số lực cản của tàu thực khi $v_H = v_M\sqrt{1/k}$ được tính theo công thức sau:

$$C_H = C_M - C_{FoM} + C_{FoH} + C_A + C_{AP} \quad (6.2.7)$$

và lực cản chuyển động của tàu là:

$$R_H = C_H\rho_H v_H^2\Omega_H/2 + R_{AA} \quad (6.2.8)$$

Lực cản không khí R_{AA} tính theo công thức $R_{AA} = C_{AA}\rho_A v_A^2 F_\tau/2$. Đối với nước Nga người ta lấy nhiệt độ của nước 4°C và $\nu = 1{,}57.10^{-6}$ *m²/s*.

Hệ số gia tăng do độ nhám vỏ bao được xác định theo kết quả thử mô hình, như sau:

Chiều dài tàu L, *m*	**Hệ số C_A**
50 ÷ 150	$(0{,}4 \div 0{,}3).10^{-3}$
150 ÷ 210	$0{,}2.10^{-3}$
210 ÷ 250	$0{,}1.10^{-3}$
250 ÷ 300	0
300 ÷ 350	$-0{,}1.10^{-3}$
350 ÷ 400	$-0{,}2.10^{-3}$

Hệ số cản của phần nhô được xác định như sau:

Đối với tàu vận tải một chong chóng $C_{AP} = (0{,}05 \div 0{,}15).10^{-3}$

Đối với tàu vận tải hai chong chóng $C_{AP} = (0{,}4 \div 0{,}6).10^{-3}$.

Chương 7
CÁC PHƯƠNG PHÁP GẦN ĐÚNG ĐỂ TÍNH LỰC CẢN CỦA NƯỚC ĐỐI VỚI CHUYỂN ĐỘNG CỦA TÀU

7.1. PHÂN LOẠI CÁC PHƯƠNG PHÁP GẦN ĐÚNG ĐỂ TÍNH LỰC CẢN

Việc xác định lực cản bằng cách tính chuyển từ các số liệu thử mô hình chỉ có thể thực hiện được nếu như có bản vẽ tuyến hình. Từ trước tới nay người ta đã áp dụng rộng rãi các phương pháp tính gần đúng lực cản phù hợp cho từng kiểu tàu và đạt được độ chính xác tương đối cao.

Tất cả các phương pháp gần đúng đều được dựa vào các số liệu thí nghiệm mô hình trong các bể thử. Khi hình dáng của con tàu cần tính lực cản trùng với hình dáng của mô hình thì các phương pháp tính gần đúng coi là đủ chính xác. Để xây dựng các đồ thị phục vụ cho việc tính toán lực cản ít khi người ta sử dụng các số liệu thử tàu thực vì các số liệu đó thường không có hệ thống và trong nhiều trường hợp cũng không được chính xác.

Những phương pháp đạt kết quả cao nhất là những phương pháp được xây dựng theo các đợt thử hàng loạt có hệ thống phù hợp với các chế độ của dòng bao thân tàu thực và mô hình.

Để chế tạo một loạt mô hình mà các thông số kích thước hình dáng của nó được thay đổi có hệ thống, được phân thành hai bài toán sau:

- Bài toán thứ nhất: Chế tạo một loạt mô hình, mà các yếu tố chính của tuyến hình thay đổi trong một giới hạn rộng. Đôi khi người ta dùng kết quả cuối cùng trong quá trình thử một vài loạt không có hệ thống để lập đồ thị hoặc các công thức tính toán. Đôi khi các đồ thị này cho phép đánh giá được khách quan lực cản của tàu, nhưng lại không tiện lợi để đưa ra các khuyến nghị để thay đổi hình dáng của tàu. Các phương pháp này là các đồ thị hoặc công thức tính của PAPMIEL, AYRE, HÔNTƠRỐP, ...

- Bài toán thứ hai: Khi chế tạo mô hình thử người ta đề cập tới các số liệu, mà người chế tạo không những dựa vào đó để tính lực cản, mà còn đánh giá được ảnh hưởng của sự thay đổi của tuyến hình tới lực cản đó, cũng như để sử dụng các tuyến hình tối ưu có hình dáng thân tàu tốt nhất. Việc thiết kế và chế tạo loạt mô hình đó là những công việc hết sức quan trọng. Khi đóng mới một loạt mô hình người ta chỉ quan tâm tới một vài các thông số dễ thay đổi có hệ thống, mà các ảnh hưởng của chúng cần được nghiên cứu, và các đặc tính còn lại sẽ không cần đến vì coi chúng ảnh hưởng không đáng kể tới lực cản.

Các phương pháp gần đúng dùng để tính lực cản có thể phân thành ba nhóm sau đây:

- Tính lực cản toàn bộ
- Tính lực cản dư
- Tính chuyển lực cản từ tàu mẫu.

* Các phương pháp tính lực cản của nhóm thứ nhất cơ bản ít chính xác, vì khi xây dựng mô hình thử khó để ý đến ảnh hưởng đồng thời của các số Re và Fr đối với lực

cản khi các số đó thay đổi trong giới hạn rộng. Đa số các phương pháp của nhóm này đều xây dựng theo dạng tính công suất kéo của tàu, mà nó liên quan tới lực cản bằng công thức: $P_E = R_x.v$. Người ta cho rằng $C_R = f(Fr)$ điều này mang lại sai sót trong tính toán.

* Các phương pháp của nhóm thứ hai có độ chính xác tính toán cao hơn. Việc tính lực cản ma sát, ảnh hưởng của độ nhám, phần nhô được coi là chính xác.

* Các phương pháp của nhóm thứ ba là tính chuyển lực cản và công suất kéo của tàu theo số liệu của tàu mẫu, tiện sử dụng trong thiết kế ban đầu.

7.2. PHƯƠNG PHÁP TÍNH LỰC CẢN DƯ

Khi xây dựng các phương pháp gần đúng tính lực cản dư, cũng như khi tính chuyển kết quả thử mô hình, người ta giả thiết rằng: hệ số lực cản dư của các tàu đồng dạng hình học đều bằng nhau. Khi các trị số Fr bằng nhau:

$C_{RH} = C_{RM}$ khi $Fr_H = Fr_M$.

Các phương pháp được coi là gần đúng, bởi vì tàu không hoàn toàn đồng dạng hình học với mô hình, mà các số liệu của nó lại được lây làm cơ sở của phương pháp. Như vậy chỉ xác định được sự phù hợp chỉ theo vài thông số chính.

$C_R = f(Fr)$ hoặc $R_R/D = f(Fr)$

$$\text{Trong đó } C_R = (R_R/D)(2/Fr^2)(V/L\Omega) \quad (7.2.1)$$

Các hệ số lực cản dư của tàu tìm trực tiếp theo các đồ thị tính toán hoặc công thức tính (6.2.1)

Nếu chọn đúng phương pháp tính toán ta có thể đạt được độ chính xác cao nhất khi xác định lực cản dư.

7.3. XÁC ĐỊNH LỰC CẢN BẰNG CÁCH TÍNH CHUYỂN TỪ TÀU MẪU

Người ta không cần đến các đồ thị hoặc các công thức hồi quy để xác định lực cản toàn bộ hoặc lực cản dư nếu có các số liệu đảm bảo về lực cản gần với hình dạng của tàu mẫu. Tuy nhiên không phải lúc nào cũng chọn được hình dạng và kích thước tàu mẫu sát với tàu thiết kế.

* Phương pháp hải quân.

Việc tính chuyển công suất kéo theo phương pháp hệ số hải quân là đơn giản nhất. Bản chất của phương pháp này là dựa vào sự bằng nhau của hai hệ số C_E của tàu được thiết kế và tàu mẫu. Khi các số Fr của chúng bằng nhau, nghĩa là:

$$C_E = C_{E\text{ mẫu}} \text{ khi } Fr = Fr_{\text{ mẫu}} \quad (7.3.1)$$

Giả thiết này càng đúng khi các yếu tố của tuyến hình của hai tàu, cũng như các kích thước của chúng càng gần nhau.

Xét đến công thức $P_E = v_s^3 D^{2/3}/C_E$ và giả thiết trên ta có công thức tính công suất kéo của tàu:

$$P_E = P_{E\text{ mẫu}}(v_s/v_{s\text{ mẫu}})^3(D/D_{\text{mẫu}})^{2/3} \quad (7.3.2)$$

Với điều kiện $v_s = v_{s\text{ mẫu}}\sqrt{L/L_{\text{mẫu}}}$

$(L/L_{\text{mẫu}})^{2/3} = (D/D_{\text{mẫu}})^{1/2}$

Thì công suất kéo sẽ có dạng:

$$P_E = P_{E\text{ mẫu}}(D/D_{\text{mẫu}})^{7/6} \quad (7.3.3)$$

* Tính chuyển lực cản dư từ các số liệu của tàu mẫu.

Tính chuyển R_R từ các số liệu của tàu mẫu trong nhiều trường hợp cho kết quả cao hơn các phương pháp dùng đồ thị.

Công thức (7.2.1) vẫn có thể được áp dụng để tính chuyển lực cản dư đơn vị cho phương pháp này nếu $Fr = Fr_{mẫu}$.

Giả thiết rằng: Với Fr đã cho thì C_R là hàm của các thông số Π_i đặc trưng cho hình dáng của thân tàu:

$$C_R(\Pi_1, \Pi_2, \ldots, \Pi_i) \tag{7.3.4}$$

Khi xét ảnh hưởng của sự biến thiên $\delta\Pi_i$ của các thông số đó có thể sử dụng công thức Taylor cho hàm nhiều biến.

Ví dụ: Nếu biểu thức gồm hai thông số thì:

$$\begin{aligned} C_R &= C_{Rmẫu} + \frac{\partial C_R}{\partial \Pi_1}\delta\Pi_1 + \frac{\partial C_R}{\partial \Pi_2}\delta\Pi_2 + \\ &+ \frac{1}{2}\left(\frac{\partial^2 C_R}{\partial \Pi_1^{\ 2}}\delta\Pi_1^{\ 2} + 2\frac{\partial^2 C_R}{\partial \Pi_1 \partial \Pi_2}\delta\Pi_1\delta\Pi_2 + \frac{\partial^2 C_R}{\partial \Pi_2^{\ 2}}\delta\Pi_2^{\ 2}\right) + \ldots \end{aligned} \tag{7.3.5}$$

Cho các lượng biến thiên của tuyến hình là bé và bỏ qua các số hạng chứa $\delta\Pi_i$ có bậc cao hơn một và các tích của chúng ta có công thức chung:

$$C_R = C_{R\ mẫu} + \sum \frac{\partial C_R}{\partial \Pi_i}\delta\Pi_i \tag{7.3.6}$$

Trong đó:

$C_{R\ mẫu}$ - hệ số lực cản dư của tàu mẫu

$\frac{\partial C_R}{\partial \Pi_i}\delta\Pi_i$ - lượng hiệu chỉnh xét đến lượng biến thiên của C_R theo thông số thứ i đặc trưng cho tuyến hình khi Fr = const.

Các thông số Π_i có thể là L/B, B/T, δ, hình dáng sườn (U,V),...

Phương pháp thứ hai của F.V GIAXỐP đưa ra công thức xác định:

$$C_R = C_{R\ mẫu}\, k_{\Pi 1}\, k_{\Pi 2}\, k_{\Pi 3} \tag{7.3.7}$$

Trong đó:

$k_{\Pi i}$ - các hệ số ảnh hưởng.

Chương 8
MỐI QUAN HỆ GIỮA LỰC CẢN CỦA TÀU VÀ HÌNH DÁNG THÂN TÀU

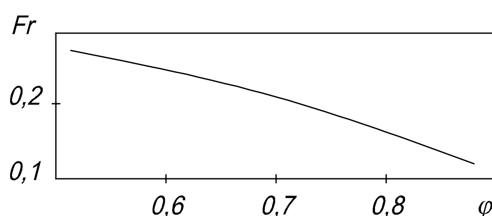
8.1. CÁCH CHỌN HÌNH DÁNG THÂN TÀU

Việc chọn các kích thước chính, xây dựng bản vẽ tuyến hình tàu, và các phần nhô đều phải thực hiện trong quá trình thiết kế theo các yêu cầu kỹ thuật đặt ra. Các yêu cầu đó là: Đảm bảo dung tích chở hàng, tình hình thị trường (giá chất đốt) những hạn chế về đặt điểm khai thác (chiều chìm, chiều rộng). Các yêu cầu trên chúng luôn mâu thuẫn nhau, cho nên tất cả các yêu cầu không thể đồng thời cùng tối ưu.

Khi thiết kế một vài kiểu tàu, nhất là tàu vận tải, tàu đánh cá, tàu kéo là phải chọn những hình dáng sao cho chúng đảm bảo được vận tốc cần thiết của tàu, đồng thời công suất động cơ phải nhỏ nhất. Công suất cần thiết cho tàu không những phụ thuộc vào lực cản, mà còn phụ thuộc kiểu thiết bị đẩy. Chọn hình dáng thân tàu cũng phải xét tới điều kiện chuyển động của tàu trên sóng, chòng chành, hiện tượng hắt nước lên boong, các yêu cầu về ổn định, ăn lái, các điều kiện về luồng lạch hạn chế và các yêu cầu làm việc đặt biệt của thiết bị đẩy đều liên quan chặt chẽ đến kích thước và hình dáng thân tàu.

Chính vì lẽ đó mà các số liệu thống kê không phải lúc nào cũng cho phép rút ra những kết luận đúng về kích thước và hình dáng của nó tối ưu nhất về phương diện giảm lực cản.

Các kích thước và hình dáng của tàu đều được xác định bằng phương pháp phân tích các kết quả thử kéo mô hình. Ta phải xem xét cụ thể ảnh hưởng của kích thước nào tới thành phần lực cản nào là chủ yếu. Chẳng hạn lực cản ma sát hầu như không phụ thuộc vào hình dáng thân tàu, ngược lại lực cản sóng và trên các tàu béo chính là lực cản hình dáng phụ thuộc rất nhiều vào hình dáng thân tàu. Lực cản sóng phụ thuộc vào các tỉ số kích thước và các hệ số béo thân tàu trong đó có hệ số béo dọc φ. Đối với những tàu có trị số Fr thấp hơn đường cong (Xem H8.1) cần phải giảm lực cản nhớt, các tàu đó gọi là các tàu chạy chậm.



Hình 8.1. ***Các số Fr mà tại đó lực cản sóng tăng lên.***

Giới hạn thay đổi trung bình của các số Fr

Kiểu tàu	**Số Fr**	**Kiểu tàu**	**Số Fr**
Tàu hàng lỏng	$0,15 \div 0,22$	Tàu nhanh chuyên tuyến	$0,28 \div 0,34$
Tàu hàng khô	$0,19 \div 0,27$	Tàu đánh cá	$0,25 \div 0,37$
Tàu chở khách	$0,22 \div 0,27$	Tàu kéo (không hàng)	$0,30 \div 0,40$

8.2. ẢNH HƯỞNG CỦA SỰ THAY ĐỔI THỂ TÍCH NGÂM NƯỚC VÀ TỶ SỐ KÍCH THƯỚC CỦA TÀU ĐỐI VỚI LỰC CẢN

Sự thay đổi của thể tích ngâm nước và các kích thước chính của tàu có ảnh hưởng tới lực cản nhớt và lực cản sóng.

Ta xét sự thay đổi lực cản do thể tích ngâm nước và các kích thước chính thay đổi khi giữ nguyên tính đồng dạng hình học.

Ta cho Fr = const thì lực cản dư đơn vị R_R/D cũng sẽ không thay đổi, nhưng lực cản ma sát đơn vị R_F/D thay đổi do thay đổi tốc độ tàu ứng với tỉ số $v_1/v_2 = \sqrt{L_1/L_2}$.

Lực cản ma sát đơn vị trước và sau:

$$(R_F/D)_1(R_F/D)_2 = (C_{Fo1} - C_{A1})/ (C_{Fo2} - C_{A2}) \qquad (8.2.1)$$

Trong đó:

$Re_1/Re_2 = (L_1/L_2)^{3/2}$.

chỉ số "1" các thông số của tàu trước khi thay đổi lượng chiếm nước.

chỉ số "2" các thông số của tàu sau khi thay đổi lượng chiếm nước.

Nếu C_A = const thì (8.2.1) chỉ ra rằng: khi giảm kích thước tàu lực cản nhớt đơn vị của tàu sẽ tăng lên, và khi tăng thì nó giảm xuống.

Sự thay đổi chiều dài tàu làm L/B hoặc $\psi = L/\sqrt[3]{V}$ thay đổi, mối quan hệ giữa những thay đổi của các đại lượng đó có thể viết:

$$L/V = 1/BT\delta\text{, nghĩa là } \psi = (B/T)^{1/3}(L/B)^{2/3}\delta^{1/3} \qquad (8.2.2)$$

Căn cứ vào (8.2.2) khi B/T = const thì sự thay đổi của L/B tương đương với sự thay đổi của $\psi^{3/2}$.

Vậy việc tăng chiều dài tàu khi giữ nguyên tốc độ, lượng chiếm nước, hệ số béo β và tỉ số B/T thì sẽ làm tăng L/B, ψ và Ω, còn số Fr giảm cho nên hệ số lực cản dư giảm xuống trong giới hạn Fr > 0,25.

$$R_R/D = C_R(Fr^2/2)\psi(\Omega/V^{2/3}) \qquad (8.2.3)$$

Vậy việc tăng tỉ số B/T khi giữ nguyên L và D, lúc đó chiều rộng tàu tăng và thể tích tập trung gần mặt nước, dẫn tới lực cản sóng tăng.

8.3. ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC HỆ SỐ BÉO TỚI LỰC CẢN

Trong các hệ số béo δ, α, β, φ và χ thì hệ số béo δ và φ có ảnh hưởng nhiều nhất tới lực cản.

Càng tăng số Fr thì việc tăng φ một cách từ từ trở nên hợp lý từ $\varphi = 0,56 \div 0,58$ khi $Fr \approx 0,3$ tăng tới $\varphi = 0,63 \div 0,65$ khi $Fr \geq 0,45$.

Quan hệ giữa δ và Fr xác định bằng biểu thức sau:

$$\delta_{PP} = a - bFr \qquad (8.3.1)$$

Trong đó:

Trị số a và b phụ thuộc kiểu tàu và số Fr.

$a = 0,80 \div 1,21$ và $b = 1,44 \div 2,3$

Theo STUMPH:

$$\delta = 0,967 - 0,495Fr - 3,915Fr^2 \qquad (8.3.1)$$

8.4. HÌNH DÁNG THÂN TÀU BIỂN

Đối với tàu vận tải người ta đều sử dụng đoạn thân ống. Nó làm tăng dung tích và đơn giản công nghệ đóng mới, việc chọn hợp lý chiều dài đoạn thân ống và vị trí của nó sẽ không gây ảnh hưởng xấu tới lực cản sóng và lực cản hình dáng.

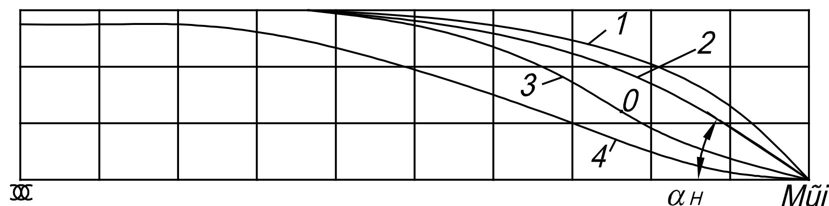
Chiều dài hợp lý phần thon đuôi $L_K > 3,3\sqrt{\omega_{\otimes}}$ khi $Fr = 0,24 \div 0,25$. Về mặt thuỷ động thì thân ống không có lợi.

Hoành độ tâm nổi x_c, thường được mô tả bằng tỉ số x_c/L phải được xác định theo yêu cầu giảm lực cản và độ chúi của tàu. Néu dịch tâm nổi về mũi tính từ mặt phẳng sườn giữa cho phép tạo độ nhọn phần đuôi tàu, thường áp dụng cho các tàu có số $Fr < 0,20$ vì đối với những tàu này cần quan tâm tới việcgiảm lực cản nhớt. Ở những tàu có $\delta \approx 0,55$ chuyển x_c/L về đuôi khoảng $2 \div 3\%$. Cần chú ý rằng độ chênh lệch x_c/L trong giới hạn ±1% so với vị trí có lợi sẽ không làm tăng đột ngột lực cản, chỉ ngoại trừ $\delta > 0,70$ và $Fr > 0,22$.

Đối với các tàu chạy nhanh $Fr > 0,4$ nhằm mục đích vót nhọn đường nước mũi khoong những làm tâm nổi dịch chuyển về đuôi mà cùng một lúc còn dịch sườn có diện tích lớn nhất về đuôi nằm ở $55 \div 60\%$ chiều dài tính từ mũi tàu.

Dạng phần mũi tàu được thiết kế ở những Fr lớn hơn trị số Fr trên hình 8.1 xuất phát từ điều kiện giảm lực cản sóng cũng như đảm bảo các tính năng đi biển trên sóng.

Khi các số Fr thấp hơn trị số Fr trên hình 8.1 cần sử dụng dạng đường nước mũi là thẳng hoặc lồi với góc nhọn $\alpha_H \geq 30 \div 45^o$ ứng với đường 1,2 (Xem H8.2)



Hình 8.2. ***Dạng đường nước mũi.***

Khi số Fr càng lớn thì sóng bản thân càng lớn nên sử dụng đường nước hình chữ S, đường 3 điểm uốn O.

Khi $Fr \geq 0,32$ nên sử dụng đường nước dạng hình nêm, đường 4 với góc nhọn $\alpha_H = 8 \div 14^o$.

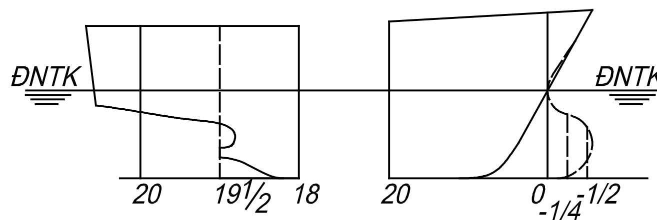
Đối với những tàu có δ trung bình và bé phần mũi sử dụng sườn dạng chữ U, chữ V và giữa U với V.

Các nghiên cứu của VOSSERS và SVEN cho thấy rằng: trong cá điều kiện sóng các tàu vận tải có sườn chữ V lực cản lớn hơn sườn chữ U đặc biệt khi $\lambda/L < 1$, vì vậy trong các điều kiện đó tàu cỡ lớn tốt nhất là dùng sườn chữ U, còn đối với tàu tương đối ngắn khi $\lambda/L > 1$ chọn dạng sườn chữ V.

Để giảm lực cản sóng của các tàu có $\delta = 0,5 \div 0,7$ khi $Fr \geq 0,25 \div 0,35$ người ta dùng mũi quả lê. Mũi quả lê có thể giảm trên $10 \div 15\%$ tổng lực cản đơn vị trong giới hạn các số $Fr > 0,22$ (Xem H8.3).

Hình dáng sống mũi được xác định dựa trên tính chất đi biển và khai thác của tàu. Khi các sườn hình chữ V thì bình thường sống mũi có vết lẹm phần dưới nước, khi sườn chữ U thì không có nó.

Dạng phần đuôi chủ yếu được chọn theo điều kiện làm việc của chong chóng, sự tương tác có lợi giữa nó và thân tàu, tránh chấn động, dạng đường nước đuôi chọn sao cho tránh được hiện tượng tách lớp biên, vậy đường nước không nên uốn đột ngột và góc nó tạo với mặt phẳng đối xứng không lớn hơn 33^o. Trong những năm gần đây phần đuôi của các tàu vận tải thường có dạng đuôi cụt và trên các tàu nhanh khi $Fr > 0,4$ nếu đuôi cụt nhúng nước sẽ có hiện tượng tách biên và lực cản nhớt tăng lên $5 \div 20\%$.



Hình 8.3. ***Hình dáng phần mũi và đuôi tàu.***

8.5. HÌNH DÁNG TÀU NỘI ĐỊA VÀ TÀU PHA SÔNG BIỂN

Các tàu nội địa chạy trong sông, hồ, kênh, vùng đậu tàu và chúng có thể chạy ra biển (tàu pha sông biển).

Hình dáng của các tàu này xác định bằng những hạn chế chiều chìm, chiều rộng. Tất cả các tàu kiểu này chia thành tàu tự hành và không tự hành.

Đối với tàu nội địa và pha sông biển tự hành sức chở lớn với $Fr = 0,16 \div 0,20$, $B/T > 3$ và $6 < L/B < 9$. Phần thân ống kéo dài tới 60% chiều dài tàu và hệ số béo thể tích lớn $0,78 < \delta < 0,87$. Phần mũi và đuôi có dạng đặc biệt. Các phần đuôi của các tàu tự hành để giảm lực cản hình dáng, đảm bảo cho chong chóng làm việc khi chạy tiến và lùi, cũng như tính điều khiển tàu.

Đối với các tàu không tự hành thì lực cản nhớt là chủ yếu. Đối với các sà lan này $B/T = 3.5 \div 11$, và $\delta = 0,8 \div 0,9$

Chương 9
LỰC CẢN CHUYỂN ĐỘNG CỦA TÀU NHIỀU THÂN

9.1. LỰC CẢN CHUYỂN ĐỘNG CỦA TÀU HAI VÀ BA THÂN

Khi các thân tàu chuyển động gần nhau sẽ xuất hiện các quá trình tương tác thuỷ động phức tạp dẫn đến thay đổi trị số lực cản chuyển động.

Hiện nay người ta đã có một số kiểu tàu mà theo yêu cầu khai thác thể tích ngâm nước được phân ra vài thân nối với nhau bằng một sàn cứng, các tàu đó gọi là tàu nhiều thân. Trong số các tàu đó ta phân ra tàu hai thân (Catamaran) và ba thân (Trimaran).

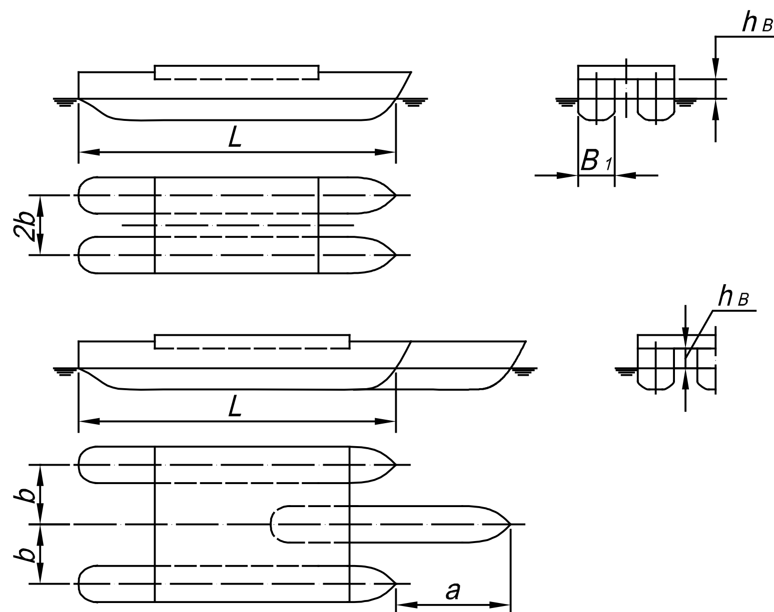
Hình dáng và tỷ số kích thước của các tàu nói trên hoàn toàn khác với tàu một thân có tổng thể tích ngâm nước tương ứng, chính vì vậy đã làm thay đổi đáng kể trị số và vai trò của các thành phần lực cản. Các biến lượng lực cản đều sinh ra bởi các quá trình tương tác thuỷ động của các thân.

So với tàu một thân có cùng thể tích ngâm nước V thì diện tích mặt ướt đơn vị $\Omega/V^{2/3}$ của tàu hai và ba thân lớn hơn nên nó làm lực cản ma sát đơn vị của các tàu đó tăng hơn.

Trong quá trình tương tác thuỷ động giữa các thân vận tốc cảm ứng của dòng bao chúng sẽ tăng lên, làm ảnh hưởng đến kết cấu của lớp biên và tăng thêm lực cản nhớt.

Trường vận tốc cảm ứng làm thay đổi kết cấu của sóng bản thân của tàu nhiều thân. Quá trình tương tác sóng phụ thuộc vào Fr và vị trí tương quan của các thân và làm giảm lực cản sóng.

Như vậy có thể đánh giá được lượng tăng lực cản nhớt cũng như lượng giảm lực cản sóng so với tổng lực cản của những tàu một thân.



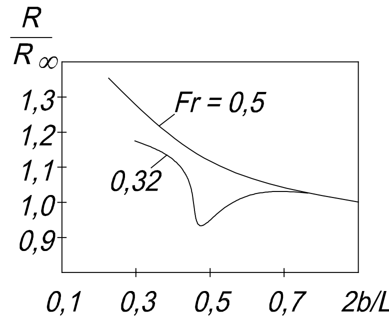
Hình 9.1. ***Sơ đồ tàu nhiều thân.***

a. - tàu hai thân

b. - tàu ba thân

Tổng ảnh hưởng của sự tương tác thuỷ động giữa các thân đối với tổng lực cản không chỉ phụ thuộc vào cách bố trí tương quan của các thân và số Fr, mà còn phụ thuộc vào hình dáng của các thân, cũng như các thông số L/B, δ và $\psi = L/\sqrt[3]{V}$.

Hình 9.2 trình bày biến lượng tương đối của tổng lực cản của tàu hai thân theo các khoảng cách khác nhau giữa các thân.



Hình 9.2. ***ảnh hưởng của Fr và 2b/L***
đến lực cản toàn bộ của tàu hai thân với L/B_1 = 8.

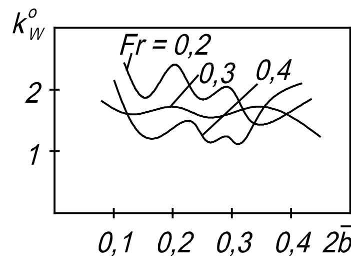
Để đánh giá ảnh hưởng của sự tương tác thuỷ động đối với lực cản dư ta có công thức sau:

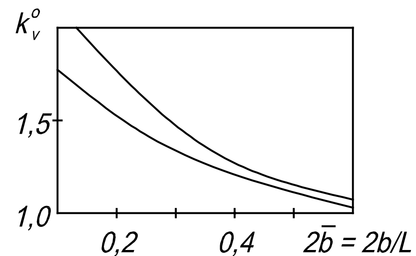
$C_R = (C_V - C_{Fo})k_v^o + C_V k_W^o$

Trong đó:

k_W^o và k_v^o tương ứng là các hệ số ảnh hưởng tác dụng của các thân tàu kề nhau tới lực cản sóng và nhớt xác định theo hình 9.3 và 9.4.cho tàu hai và ba thân khi Fr ≤ 0,15

Trị số $(C_V - C_{Fo})$ lấy bằng tàu một thân.





Hình 9.3. ***Sự phụ thuộc k_W^o vào $2\bar{b}$ và Fr.*** *Hình 9.4*. ***Sự phụ thuộc k_V^o vào $2\bar{b}$ vàψ.***

Việc áp dụng các thân không đối xứng cho tàu hai thân sẽ có ảnh hưởng tới k_V^o và k_W^o.

9.2. LỰC CẢN CHUYỂN ĐỘNG CỦA ĐOÀN TÀU KÉO, ĐẨY

Trên những tuyến sông người ta áp dụng rộng rãi các sà lan không tự hành và ghép chúng lại thành đoàn tàu và được truyền động bằng cách kéo hoặc đẩy. (Đoàn tàu cũng có thể bằng những phân đoạn đặc biệt). Sự tương tác thuỷ động giữa các sà lan gây ảnh hưởng lớn tới lực cản và sự làm việc của thiết bị đẩy.

Số Fr của đoàn tàu là bé Fr = 0,06 ÷ 0,12, vì vậy vai trò chính là lực cản nhớt, và sự thay đổi lực cản đó sinh ra bởi sự tương tác của các sà lan với tàu kéo.

Đoàn tàu (bằng phương pháp kéo) gồm những sà lan được nối ghép với nhau theo các sơ đồ khác nhau, ví dụ gồm ba sà lan ghép hàng một, kí hiệu (1+1+1)

gồm hai sà lan ghép hàng hai, kí hiệu 2

gồm một sà lan đi trước, tiếp theo hai sà lan và cuối cùng là một sà lan, kí hiệu (1+2+1).

Lực cản chuyển động của đoàn tàu là R không bằng tổng lực cản của các sà lan trong đoàn R_o khi chúng chạy một mình.

Lực cản chuyển động của đoàn tàu được đánh giá bằng hệ số ghép $k_{ghép}$.

Theo Dôvôncốp:

$$k_{ghép} = R / \sum_{i=1}^{n} R_{oi} \qquad (9.2.1)$$

Để so sánh hiệu quả của các đoàn tàu, ta dùng:

$$R / \sum_{i=1}^{n} D_{oi} = k_{ghép} \sum_{i=1}^{n} R_{oi} / \sum_{i=1}^{n} D_{oi} \qquad (9.2.2)$$

Giới hạn thay đổi của $k_{ghép}$

Đoàn kéo		**Đoàn đẩy**	
Đoàn	$k_{ghép}$	Đoàn	$k_{ghép}$
1+1	0,78 ÷ 0,90	1+T	0,75 ÷ 0,95
1+1+1	0,75 ÷ 0,85	1+1+T	0,75 ÷ 0,85
2	0,95 ÷ 1,10	1+1+1+T	0,67 ÷ 0,82
2+2	0,80 ÷ 0,96	2+2+T	0,74 ÷ 0,85
2+2+2	0,70 ÷ 0,87	2+2+2+T	0,64 ÷ 0,80

Qua kết quả trên tàu thực và mô hình cho thấy:

Chẳng hạn sơ đồ ghép (1+1+1) lực cản của chúng gồm lực cản của từng chiếc 49%, 100% và 125% tương ứng. Như vậy sà lan đi đầu có lực cản nhỏ nhất và lớn nhất là sà lan cuối đoàn.

Hệ số ghép được ghép được xác định qua các đợt thử đoàn tàu trong bể thử, vì Re rất bé nên chiều dài mô hình sà lan không nhỏ hơn 5 *m*. Hệ số $k_{ghép}$ không phụ thuộc vào tốc độ chuyển động, sự hạn chế của chiều sâu luồng lạch có ảnh hưởng tới $k_{ghép}$ không đáng kể. Khi $H/T > 2$ thì ảnh hưởng đó có thể bỏ qua.

Trong quá trình kéo, thì chiều dài dây cáp kéo có ảnh hưởng tới lực cản do dòng nước mà chong chóng của tàu kéo đạp vào đoàn sà lan. Chiều dài dây kéo tối ưu để đảm bảo cả hai yếu tố là lực cản và tính quay vòng nằm trong khoảng $l_c = (2 \div 2,5)L_1$.

Trong đó: L_1 là chiều dài sà lan đi đầu đoàn.

Việc dùng phương án đẩy đã làm cho tốc độ chyển động tăng thêm (5 ÷ 20)% so với đoàn kéo. Lực cản đoàn đẩy nhỏ hơn là do tránh được dòng nước của chong chóng tàu đẩy.

Lực cản đoàn tàu đẩy cũng xác định theo công thức (9.2.1).

Hệ số ghép $k_{ghép}$ phụ thuộc hình dạng của sà lan, khe hở giữa chúng, điều kiện thí nghiệm (mô hình hay tàu thực).

Chữ T kí hiệu cho tàu đẩy nằm cuối đoàn tàu khi thử mô hình đoàn tàu nếu $Fr_M = Fr_H$ thì $C_{RM} = C_{RH}$.

Để xét ảnh hưởng tương tác thuỷ động của các sà lan đối với lực cản ma sát của tấm tương đương, hệ số ma sát trung bình của tấm được tính theo công thức:

$$\overline{C_{Fo}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} k_i {}^{o}C_{Foi} \Omega_i}{\sum_{i=1}^{n} \Omega_i} \qquad (9.2.3)$$

Trong đó:
n - số sà lan
k_i^o - hệ số phụ thuộc số thứ tự sà lan tính từ mũi
i =1, 2, 3, 4
k_i^o =1; 0,94; 0,92; 0,90.
Lực cản thực tế của đoàn tàu được tính theo công thức:

$$R = \left(C_R + \frac{\sum_{i=1}^{n} k_i^o \left(C_{FoHi} + C_{Ai} \right) \Omega_{Hi}}{\sum_{i=1}^{n} \Omega_{Hi}} \right) \frac{\rho v_H^2}{2} \sum_{i=1}^{n} \Omega_{Hi} \qquad (9.2.4)$$

Trong đó:
$C_R = C_M - \overline{C}_{FoM}$; $C_A = (0,8 \div 1,0).10^{-3}$;
đối với bản thân tàu kéo hoặc đẩy $C_A = (0,6 \div 0,8).10^{-3}$;
hệ số cản $C_{Fo} = 0,455/lgRe^{2,58}$

Chương 10
LỰC CẢN CỦA CÁC TÀU CHẠY NHANH VÀ TÀU LƯỚT

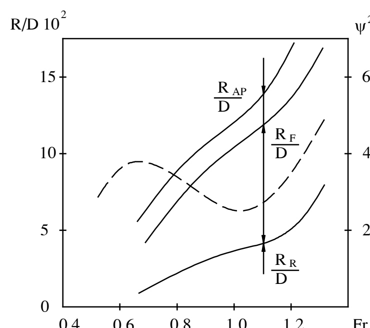
10.1. LỰC CẢN CỦA CÁC TÀU CHẠY Ở CHẾ ĐỘ CHUYỂN TIẾP

Khi càng tăng số Fr ta càng thấy rõ tàu chuyển chế độ từ bơi sang lướt. Tuy vậy, một số kiểu tàu chạy nhanh vẫn không đạt được chế độ lướt và các trị số Fr lớn đặc trưng cho các kiểu tàu này là chế độ chuyển tiếp từ bơi sang lướt (0,6 < Fr < 1,3). Giới hạn dưới cùng ứng với các tàu cỡ lớn còn giới hạn trên dành cho các tàu cỡ bé và ca nô.

Bắt đầu từ Fr > 0,7 lực nâng thuỷ động xuất hiện làm tăng thành phần lực cản toé nước, đồng thời tư thế tàu cũng bị thay đổi. Khi Fr > 1,0, nước toé lên hai bên mạn tàu với diện tích nước bao phủ tăng thêm 20% và làm tăng thêm lực cản toé nước.

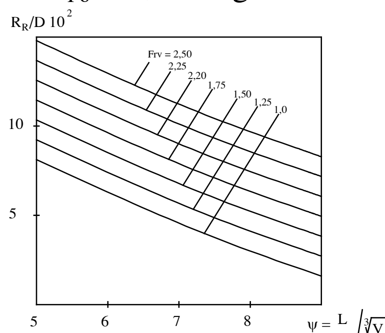
Quá trình tính chuyển lực cản từ mô hình sang tàu thực cho các loại tàu này thì R_S được gộp vào R_R. Cần lưu ý rằng: khi tính chuyển kênh để ý đến hiệu chỉnh về sự thay đổi mặt ướt, nên các công thức tính đều ứng với tư thế tĩnh của tàu.

Đối với các kiểu tàu này lực cản phần nhô R_{AP} cũng như lực cản không khí R_{AA} đóng vai trò đáng kể (Xem H10.1)



Hình 10.1. ***Các thành phần chính của lực cản và góc chúi ψ phụ thuộc Fr của các tàu chạy nhanh.***

Để đánh giá sơ bộ lực cản dư của các kiểu tàu này ta có thể sử dụng đồ thị (Xem H10.2) theo kết quả thử mô hình do GROT thực hiện. Hệ số C_{Fo}của các kiểu tàu này và của mô hình tính theo công thức $C_{Fo} = 0,455/\lg Re^{2,58}$.

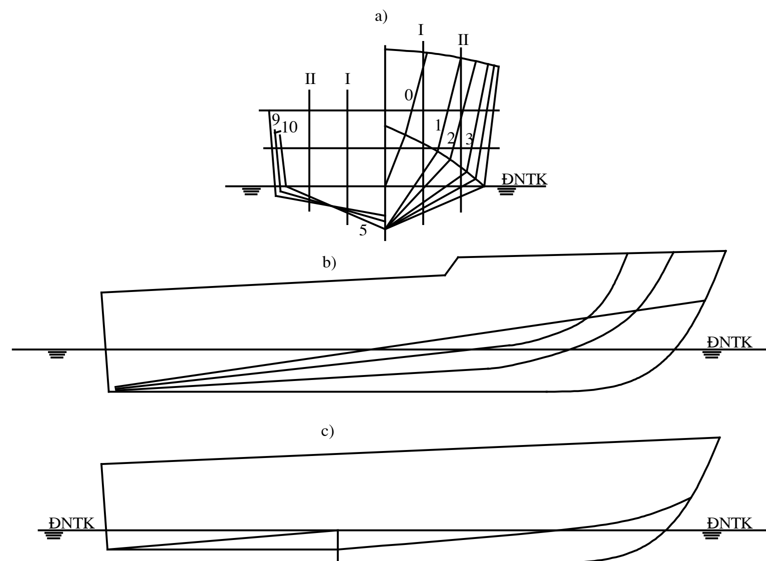


Hình 10.2. ***Lực cản dư đơn vị của các tàu chạy nhanh phụ thuộc vào*** $\psi = L/\sqrt[3]{L}$ ***.***

10.2. TÀU LƯỚT VÀ LỰC CẢN CỦA TÀU LƯỚT

Một trong những biện pháp để nâng cao vận tốc của tàu là lợi dụng chế độ lướt. Trong thực tế điều này chỉ thực hiện được cho các tàu cỡ bé với chiều dài không lớn hơn 40 ÷ 50 *m*. Các tàu này phải có một hệ thống năng lượng đủ lớn để đảm bảo các trị số Fr_V, mà với Fr_V đó lực nâng thuỷ động R_z đủ lớn để chuyển sang chế độ lướt.

Để tạo ra lực nâng thuỷ động R_z ta có thể sử dụng các ca nô có đáy dạng tấm phẳng hoặc hơi lõm, đặt nghiêng với dòng chảy một góc bé nào đó. Tuy nhiên để cải thiện tính đi biển và giảm bớt tải trọng va đập của sóng. Ngoài ra có thể sử dụng ca nô dạng gãy góc (Xem H10.3).



Hình 10.3. ***Tuyến hình của ca nô dạng gãy góc***
b. đáy không nhảy bậc
c. đáy nhảy bậc

Ở phần mũi sườn có độ vát lớn hơn và lùi về đuôi thì độ vát giảm dần và đáy gần dạng tấm phẳng. Dạng gãy góc phù hợp tàu chuyển được sang chế độ lướt và các tính năng đi biển.

Làm tàu có đáy nhảy bậc sẽ giảm được lực cản đoạn đáy trước bậc nhận phần lớn tải trọng khi Fr lớn. Tuy nhiên khi chạy trên sóng biển các ca nô có đáy nhảy bậc sẽ không đảm bảo được tính đi biển cần thiết.

Lực cản nhớt và sóng của tàu lướt khi chạy gần đến gồ trên đường cong lực cản được bổ sung thêm lực cản toé nước R_S và lực cản cảm ứng R_i.

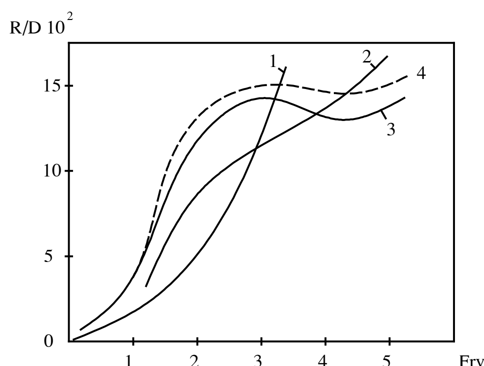
Khi đang lướt bắt đầu từ $Fr_V = 1,5 \div 2,0$ lực cản sóng giảm xuống và khi $Fr_V = 5 \div 6$ sẽ gần bằng không.

Ảnh hưởng của độ nhớt tới quy luật phân bố áp suất trên đáy ca nô là không đáng kể nên $R_{VP} = 0$.

Trong trường hợp này tổng lực cản của tàu lướt có thể viết:

$$R = R_F + R_W + R_S + R_i + R_{AP} + R_{AA}$$

Lực cản phần nhô $R_{AP} = 15 \div 30\%$ tổng lực cản (Xem H10.4).



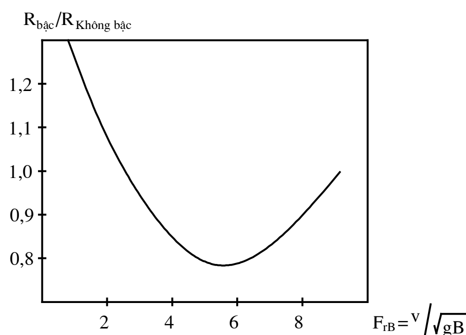
Hình 10.4. ***Lực cản đơn vị của:***

1. tàu vỏ dưa

2. gãy góc

3. có bậc

4. có bậc và có phần nhô



Hình 10.5. ***Tỉ số lực cản của ca nô có bậc và không có bậc.***

Trên những tàu đáy không nhảy bậc $Fr_V \leq 5 \div 6$, trên các tàu thể thao đáy nhảy bậc $Fr_V = 11 \div 12$.

Khi ca nô chuyển động góc chúi ψ thay đổi đầu tiên nó tăng còn khi nó chuyển động sang chế độ lướt thì góc chúi ψ sẽ giảm xuống.

Ở chế độ lướt R_F và R_P của ca nô gãy góc phụ thuộc Fr và hệ số tải trọng tĩnh $C_D = D/\rho g B^3$.

10.3. CÁC ĐẶC TÍNH THUỶ ĐỘNG CỦA BỀ MẶT LƯỚT

Nghiên cứu các đặc tính hình học và động lực học của tàu lướt người ta đã tiến hành thử tấm phẳng và gãy góc trong bể thử, các số liệu nhận được thường biểu diễn dưới dạng không thứ nguyên.

- Hệ số tải trọng động $C_B = 2D/\rho v^2 B^2$

Trong đó: D- tải trọng hay trọng lượng của tấm lướt.

- Hệ số mô men $m_D = M/DB$

Trong đó: M- mô men trọng lực của tấm đối với mép sau của nó.

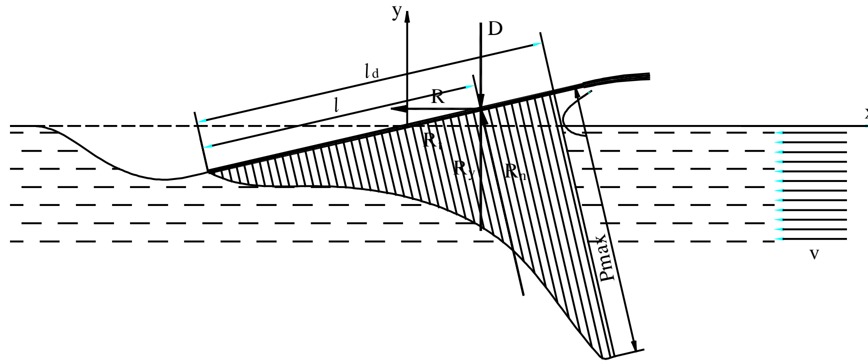
- Chiều dài ướt của tấm $\lambda = l/B$

Trong đó: l- chiều dài mặt ướt của tấm.

Khi v = const thì mô men của tải trọng bằng mô men thuỷ động tác dụng lên tấm. Vậy khoảng cách từ tâm áp suất tới mép sau của tấm l_d có thể xác định bằng công thức sau: $l_d = Bm_D$. Hệ số tải trọng động C_B có liên quan với hệ số lực nâng C_y, $Fr_B = Fr\sqrt{\lambda}$.

Theo lý thuyết đồng dạng các hệ số C_B, m_D, R/D đều phụ thuộc vào số Fr, góc tới α, cũng như các đặc tính hình học của tấm.

Mối quan hệ giữa các thành phần lực cản của tàu lướt có thể xác định theo sơ đồ (Xem H10.6).



Hình 10.6. ***Sơ đồ lực tác dụng lên tấm lướt.***

Ở đây người ta trình bày dòng bao tấm phẳng bằng dòng chất lỏng với góc tới α. Tổng lực cản ma sát R_t hướng dọc theo bề mặt tấm, lực áp suất R_n hướng vuông góc với tấm chiếu chúng lên phương của vận tốc dòng chảy ta tìm được lực cản:

$$R = R_x = R_t\cos\alpha + R_n\sin\alpha \quad (10.3.1)$$

Trong công thức trên số hạng thứ nhất là lực cản ma sát R_F, thành phần thứ hai là lực cản áp lực (trường hợp tàu có bậc hoặc không có bậc) chúng đều bằng nhau, nhưng trong cân đối chung của lực cản chúng hơi khác nhau.

Ở những ca nô đáy có một bậc, phần trước bậc chịu tải trọng khoảng 70 ÷ 80%. Khi hình dáng thân tàu là không đổi thì lực cản của các tàu lướt hoàn toàn phụ thuộc vào vị trí trọng tâm dọc theo chiều dài. Ảnh hưởng của độ dịch tâm về đuôi dẫn đến tăng lực cản.

Chiếu các lực lên phương vuông góc với phương vận tốc dòng chảy ta xác định được mối quan hệ giữa R_n và tải trọng D của tấm:

$D = R_n\cos\alpha - R_t\sin\alpha \approx R_n\cos\alpha$.

Từ các phương trình này sau khi xác định được R_n và đem thay vào (10.3.1) ta được:

$$R = R_F + D\text{tg}\alpha \quad (10.3.2)$$

Số hạng $D\text{tg}\alpha = R_P = R_W + R_S + R_i$ là tổng lực áp lực của mặt ướt.

Từ (10.3.2) ta có lực cản đơn vị khi lướt là:

$$R/D = R_F/D + \text{tg}\alpha \quad (10.3.3)$$

Khi $\text{tg}\alpha \approx \alpha$ thì lực cản của tàu lướt sẽ được xác định bằng công thức sau:

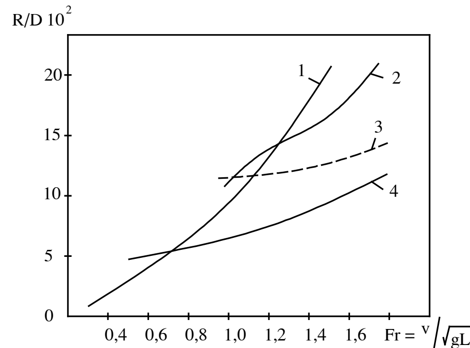
$$R = (C_{Fo} + C_A)\rho v^2\Omega/2 + D\alpha \quad (10.3.4)$$

Chương 11
LỰC CẢN CHUYỂN ĐỘNG CỦA TÀU CÁNH NGẦM VÀ TÀU ĐỆM KHÍ

11.1. TÀU CÁNH NGẦM

Chuyển động của tàu trên các cánh ngầm có thể thực hiện ở những vận tốc lớn, khi lực nâng thuỷ động R_z sinh ra trên các cánh đủ để thắng trọng lượng tàu đưa tàu sang chế độ chuyển động, mà ở đó chỉ có các cánh, cột chống, bánh lái, chong chóng bị ngập trong nước, còn thân tàu ở trên mặt nước.

Khi chuyển động trên cánh sau khi thân tàu nhô lên khỏi mặt nước thì mặt ướt sẽ không lớn lắm, lực cản đơn vị giảm đáng kể so với tàu lướt.



Hình 11.1. ***Lực cản đơn vị.***

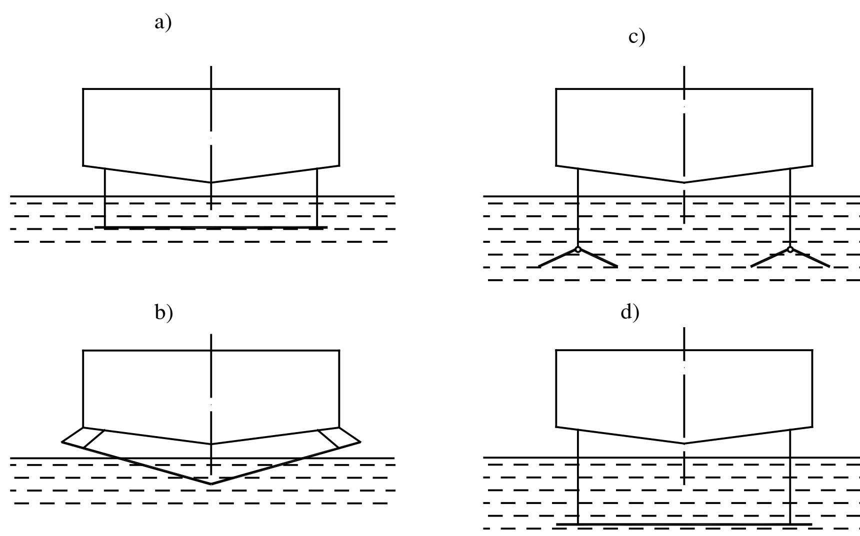
1.- tàu nổi tĩnh
2.- tàu lướt không bậc
3.- tàu lướt có bậc
4.- tàu cánh ngầm

Khi tính Fr cho tàu cánh ngầm ta phải lấy chiều dài bằng khoảng cách giữa cánh mũi và cánh đuôi.

Từ hình 11.1 chứng tỏ tàu cánh ngầm có chất lượng thuỷ động cao nhất. Tính đi biển của tàu cánh ngầm cao hơn tàu lướt vì nó có thể giảm hoặc tránh được sự va đập của sóng. Khi tàu chuyển động trên sông với vận tốc 50 ÷ 80 *km/h* sóng sinh ra không đáng kể và không làm sói lở bờ sông.

Kết cấu của các cánh của tàu cánh ngầm có thể chia thành:

- Cánh ngầm sâu
- Cánh ngầm cạn
- Cánh cắt mặt thoáng.



Hình 11.2. ***Sơ đồ các cánh ngầm.***

Các cánh ngầm sâu thường là các cánh có điều khiển để thay đổi góc α, bằng cách quay các cánh tạo lực nâng cần thiết tuỳ theo chế độ chuyển động của tàu, điều này hết sức quan trọng khi tàu chạy trên sóng (Xem H11.2.c,d).

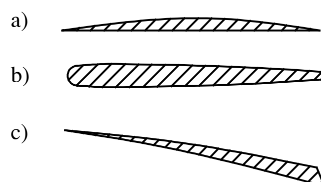
Các cánh ngầm cạn có chiều sâu tương đối $h/b < 15$ (Xem H11.2.a) để đảm bảo lực nâng không đổi.

Các cánh ngầm cắt mặt thoáng (Xem H11.2.b) đảm bảo lực nâng không đổi, góc gấp của cánh $30 \div 35^o$ để lực nâng thay đổi nhịp nhàng.

Để cải thiện khả năng di động trên sóng thì trên các tàu có cánh ngầm ngập sâu (Xem 11.2.c,d) cần phải tăng khoảng cách giữa thân tàu và cánh.

Các prôfin của cánh ngầm chọn sao cho đảm bảo chất lượng thuỷ động cao, trị số C_y đủ lớn, tránh xâm thực.

Thường cánh của các tàu cánh ngầm có các dạng sau:



Hình 11.3. ***Sơ đồ prôfin cánh của tàu cánh ngầm.***

Các prôfin mảnh tròn (Xem H11.3.a) dùng cho cánh ngầm cạn

Các prôfin phẳng lồi (Xem H11.3.b) dùng cho tàu có $v_s \geq 60$ hlý/h

Các prôfin hình nêm (Xem H11.3.c) cho chất lượng thuỷ động cao hơn dạng bình thường từ $20 \div 40\%$ và cho phép tránh xâm thực.

Dọc theo chiều dài tàu thường đặt hai cánh, đó là cánh mũi và cánh đuôi. Thân tàu phải có hình dáng thích hợp để dễ chuyển vào chuyển động trên các cánh và đảm bảo tính đi biển tốt nên người ta sử dụng dạng hông nhọn gãy góc, đôi khi đáy có nhảy bậc.

Lực cản của tàu cánh ngầm bao gồm các thành phần sau: lực cản cánh R_{KP}, lực cản phần nhô R_{AP} và lực cản của không khí R_{AA}.

$R = R_{KP} + R_{AP} + R_{AA}$.

Trong đó: lực cản cánh ngầm được xác định:

$R_{KP} = R_V + R_W + R_i + R_c$.

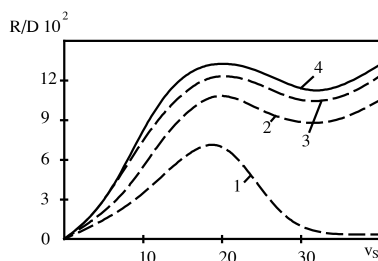
Để giảm lực cản nhớt R_V thì bề mặt của cánh phải được gia công tốt, nghĩa là bề mặt phải nhẵn thuỷ động.

Ở vận tốc lớn thì lực cản sóng R_W không đáng kể (đó là ưu điểm của tàu cánh ngầm).

Lực cản cảm ứng R_i phụ thuộc chiều dài tương đối của cánh $\lambda = l^2/S$ cũng như sự tương tác thuỷ động giữa các cánh. Để giảm R_i người ta lấy $\lambda = 4 \div 6$.

Lực cản xâm thực chỉ tăng khi có hiện tượng tách dòng bao xâm thực của các cánh.

Các thành phần lực cản được phân chia (Xem H11.4)



Hình 11.4. ***Các thành phần lực cản***

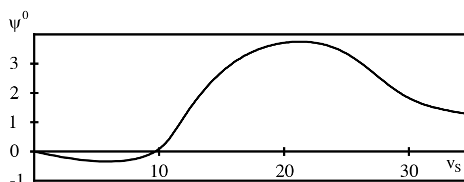
1.- lực cản thân tàu

2.- lực cản các cánh

3.- lực cản phần nhô

4.- lực cản không khí

Góc chúi của tàu (Xem H11.5)



Hình 11.5. ***Sơ đồ góc chúi của tàu phụ thuộc vận tốc v_s.***

Khi $Fr_V = 1,5 \div 1,8$ tàu chạy trên cánh mũi. Ta phải có lượng dự trữ công suất đủ lớn để vượt qua được gồ trên đường cong lực cản.

Khi $Fr_V = 2,25$ thân tàu tách phải mặt nước và chuyển vào chế độ chuyển động trên các cánh.

Khi $Fr_V = 2,5 \div 3,0$ đường cong lực cản có điểm cực tiểu ứng với chất lượng thuỷ động tốt nhất. Các cột giữ cánh cắt mặt thoáng chọn dạng prôfin đối xứng và đầu nhọn.

Sự phân bố tải trọng giữa các cánh có thể xác định bằng cách lập phương trình cân bằng đơn giản lực và mô men của các lực đó với đuôi cụt của tàu.

$R_{yH} + R_{yK} = D$; $R_{yH}\xi_H + R_{yK}\xi_K = D\xi$

Trong đó:

ξ- khoảng cách từ trọng tâm tàu tới đuôi cụt

ξ_H- khoảng cách từ trọng tâm tàu tới mép trước cánh mũi

ξ_K- khoảng cách từ trọng tâm tàu tới mép trước cánh đuôi

R_{yH} và R_{yK}- lực nâng thuỷ động trên cánh mũi và đuôi

D- trọng lượng tàu.

Từ các phương trình trên gần đúng ta có thể xác định được diện tích của cánh mũi S_H và đuôi S_K.

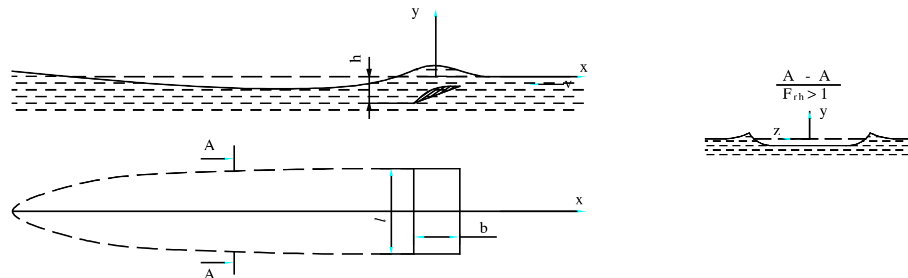
11.2. CÁC ĐẶC TÍNH THUỶ ĐỘNG CỦA CÁNH NGẦM

Các đặc tính thuỷ động lực cơ bản của các cánh ngầm là các hệ số lực cản C và hệ số lực nâng C_y, chất lượng thuỷ động $k = C_y/ C_x$, hệ số áp suất $\overline{P}$ trên mặt hút và đạp của prôfin cánh, hướng lực nâng không được xác định qua góc α_o tạo với dây cung b của prôfin, hình dạng cánh ở hình chiếu nằm chiều dài tương đối $\lambda = l/b$, trị số Re, độ ngập sâu tương đối $\overline{h} = h/b$, số $Fr = v/\sqrt{gb}$ hoặc $Fr_H = v/\sqrt{gh}$ và số xâm thực σ.

Hình ảnh dòng bao cánh dưới mặt thoáng như sau:

Khi $Fr_H \to 1$ trên mép sau của cánh xuất hiện một trục bọt tương tự như nước nhảy, được sinh ra khi dòng chảy qua vật chắn nằm trong lòng sông hở, tại đây trị số lực nâng không ổn định và lực cản sóng tăng cao nhất.

Khi $Fr_H > 1$ sau cánh xuất hiện một con sóng thoai thoải (Xem H11.6)



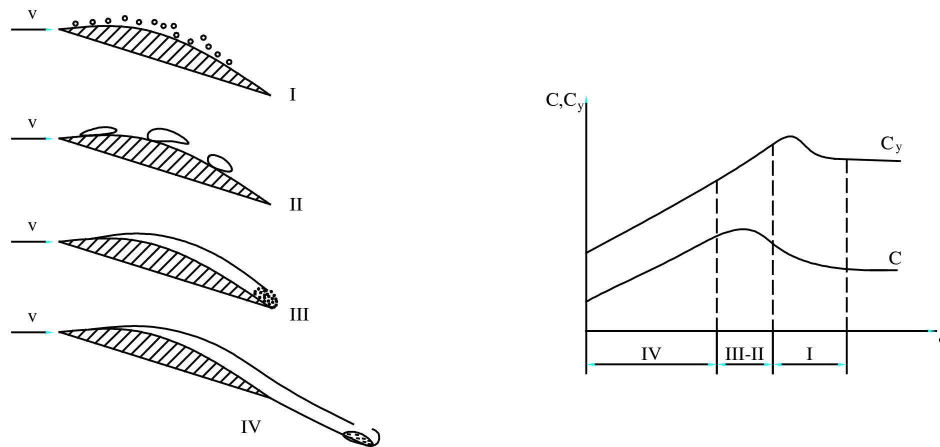
Hình 11.6

Khi $Fr > 5 \div 6$ mặt nước lõm xuống kèm theo các rìa mép dâng lên, khi đó hệ số $C_y$không phụ thuộc Fr.

11.3. DÒNG BAO VẬT THỂ VÀ LỰC CẢN KHI CÓ HIỆN TƯỢNG XÂM THỰC

Bản chất của quá trình xâm thực là sự xuất hiện các điểm tách chất lỏng trong dòng chảy gần bề mặt vật thể khi vận tốc chuyển động lớn. Các đảo bọt hình thành trên mặt vật chứa đầy hơi nước và khí hỗn hợp từ nước tách ra. Áp suất trong dải bọt gần bằng áp suất hơi nước bão hoà P_v ở nhiệt độ đã cho. Hiện tượng xâm thực xuất hiện khi số xâm thực $\sigma = |\overline{P}_{min}|$ và vận tốc là v_K.

Trong đó: $\overline{P}_{min}$- hệ số áp suất tối thiểu trên mặt vật thể.



Hình 11.7. ***Sơ đồ xuất hiện xâm thực và các hệ số C, C_y phụ thuộc theo nó***.

11.4. LỰC CẢN TÀU ĐỆM KHÍ KIỂU BUỒNG

Việc áp dụng nguyên tắc chuyển động của tàu trên đệm không khí không những cho phép giảm được lực cản mà còn làm cho tàu chạy nhanh.

Trong quá trình chuyển động tàu hoàn toàn cách ly khỏi mặt mặt nước, nên nó có khả năng chuyển động trên mặt nước rất cạn, trên bùn, đất khô và băng.

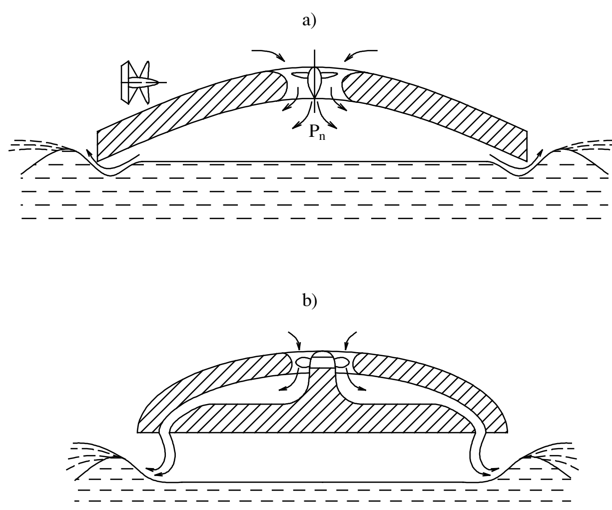
Đệm khí là một vùng áp suất lớn kí hiệu là P_n, được hình thành dưới đáy tàu, nó cho phép tàu tách ly hoàn toàn, hoặc một phần nước, và có thể bay liệng trên mặt nước, mặt đất.

Hiện nay người ta áp dụng hai nguyên tắc tạo đệm khí, đó là: buồng khí và vòi phun (Xem H11.8).

Năm 1935 LÉPKOPSKI đã đưa ra và áp dụng thành công sơ đồ kiểu buồng khí. áp suất P_n trong đệm được tạo nên bằng cách cấp không khí vào buồng ở dưới thân tàu, sau đó không khí thoát khỏi buồng qua khe hở giữa thân tàu và mặt nước. Đệm khí này tách biệt với môi trường là nhờ có một phần thân tàu mang chức năng tấm che chắn.

Sơ đồ vòi phun- Không khí được cấp vào buồng phân phối từ đó các luồng không khí thoát ra các vòi phun nằm theo chu vi đáy tạo thành vùng áp suất cao P_n.

Các tàu kiểu buồng có $L/B = 1,5 \div 2,7$ và khối lượng tới 300T, số Fr tính theo chiều dài đệm nhỏ hơn 2,0 và áp suất trong đệm $P_n = (1000 \div 4000)$ N/m^2.



Hình 11.8. **Nguyên lý tạo đệm khí**
a.- kiểu buồng
b.- kiểu vòi phun

Lực cản chuyển động của tàu kiểu buồng sinh ra bởi áp suất và các ứng suất tiếp tác dụng lên thân tàu. Các áp suất này đều ra bởi luồng không khí phía ngoài, trong đệm, trong các ống dẫn khí. Lực cản không khí R_{AA} với hệ số $C_{AA} = f(Re)$. Do cấp không khí bằng quạt để tạo ra và duy trì đệm không khí nên còn xuất hiện lực cản xung của không khí $R_I = \rho_A vQ$.

Trong đó:

Q- lưu lượng không khí do quạt tạo nên. Hệ số lực cản xung xác định theo diện tích S_n của đệm, được xác định bằng công thức $C_I = 2Q/ vS_n$.

Chuyển động của đệm khí, cũng có nghĩa là chuyển động của vùng áp suất cao trên mặt nước và là nguyên nhân gây ra hệ thống sóng nên xuất hiện lực cản sóng R_W, nó truyền cho thân tàu nhờ việc phân phối lại áp suất trong đệm và làm tàu chúi, với góc chúi di động là ψ.

Trị số R_W phụ thuộc L/B, số Fr, chiều sâu luồng lạch H. Trong nước cạn khi $Fr \approx 1$ thì R_W tăng đáng kể.

Tổng lực cản của tàu đệm khí:

$R = R_{AA} + R_I + R_W + R_R$

Hình 11.9. ***Tỉ lệ các thành phần lực cản kiểu buồng.***

Khi góc ψ bé là $C_{AA} = (0,1 \div 0,2)$

$R_W + R_R = R_{HD}$- lực cản thuỷ động. Theo kết quả thử mô hình thì:

$R_{HDH} = R_{HDM}/k^3$.

Hình 11.10. ***Sơ đồ lực và mô men tác dụng lên tàu đệm khí kiểu buồng.***

$R_{HD} + R_{AA} + R_I = R = - T$
$M_{HD} + M_{AA} + M_I + M_D = TZ_T$

11.5. LỰC CẢN CỦA TÀU ĐỆM KHÍ KIỂU PHUN

Đặc trưng tàu đệm khí kiểu phun L/B = 2 ÷ 8
Khi L/B = 2 ÷ 2,5 thì Fr < 2, 0 tính theo chiều dài đệm
Khi L/ B > 5 thì Fr =0,6 ÷ 0,8
Lực cản được chia thành: lực cản sóng của đệm R_W, lực cản phần nhô R_{AP}, lực cản không khí R_{AA}, lực cản xung R_I do quạt gió sinh ra để duy trì đệm. Lực cản đơn vị (Xem H11.11).

Hình 11.11. ***Các thành phần lực cản đơn vị của tàu đệm khí.***

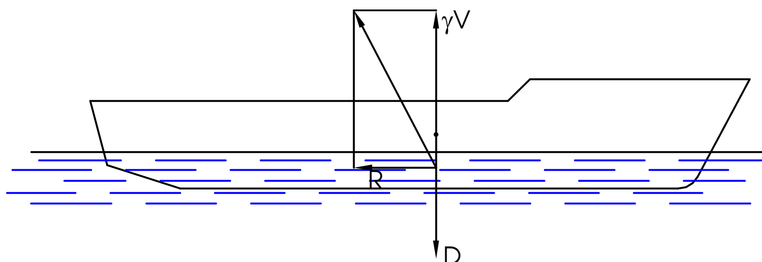
PHẦN 2
THIẾT BỊ ĐẨY TÀU THUỶ

Chương 12
CÁC TÍNH CHẤT CHUNG
VÀ SỰ PHÂN LOẠI CÁC THIẾT BỊ ĐẨY TÀU

12.1. KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ THIẾT BỊ ĐẨY TÀU

Trọng lượng của tàu khi đứng yên sẽ bằng tổng hợp các lực áp suất theo hướng thẳng đứng từ dưới lên tác dụng lên vỏ bao tàu. Hợp lực đó gọi là lực nổi tĩnh.

Khi tàu chuyển động, hợp lực này sẽ nghiêng đi so với phương thẳng đứng và khi đó trên mặt nước sẽ xuất hiện các lực tiếp tuyến. Hình chiếu của hợp lực áp suất lên trục thẳng đứng gọi là lực nổi, còn hình chiếu của nó lên trục nằm ngang và hợp lực tiếp tuyến gọi là lực cản chuyển động của tàu R (Xem H12.1)



Hình 12.1. ***Sơ đồ lực tác dụng lên tàu đang chuyển động***

Chuyển động thẳng đều của tàu là do tác dụng của lực kéo T_E, về mặt trị số nó bằng lực cản và ngược chiều với lực cản. Khi tàu chuyển động với tốc độ v, nó sẽ thực hiện một công, mà trong một đơn vị thời gian sẽ bằng công suất có ích hoặc công suất kéo $P_E = T_E.v$

Lực kéo có thể sinh ra bởi nguồn năng lượng đặt trên tàu và trong trường hợp này nguồn năng lượng đó được gọi là động cơ (diezel, tuốcbin) hoặc nằm bên ngoài tàu. Ví dụ nguồn năng lượng bên ngoài là gió để tạo nên các lực kéo trên các tàu buồm. Các tàu được lắp động cơ là các tàu tự hành. Nó luôn luôn được lắp đặt các thiết bị để biến công suất của động cơ sang năng lượng chuyển động thẳng của tàu. Thiết bị tạo ra lực kéo T_E được gọi là thiết bị đẩy tàu.

Nếu P_D là công suất truyền đến thiết bị đẩy, thì hiệu suất của nó được xác định bằng tỉ số $\eta_D = P_E/P_D$ và được gọi là hiệu suất đẩy. Công suất P_D luôn luôn nhỏ hơn công suất trên trục động cơ P_S. Như vậy công suất trên trục của động cơ có liên quan với công suất P_D theo quan hệ:

$$P_D = P_S.\eta_n$$

Trong đó: $\eta_n = \eta_S.\eta_\Pi$ η_S: hiệu suất của đường trục

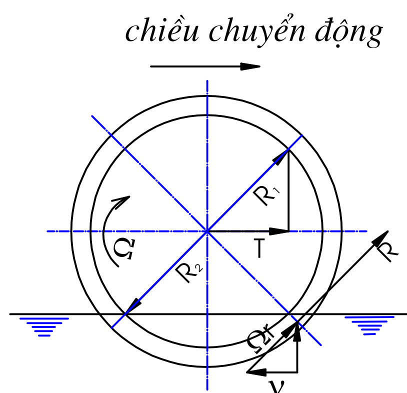
η_Π: hiệu suất của bộ truyền động (bộ giảm tốc, bộ tải điện và...)

12.2. CÁC KIỂU THIẾT BỊ ĐẨY VÀ TÍNH CHẤT CỦA CHÚNG

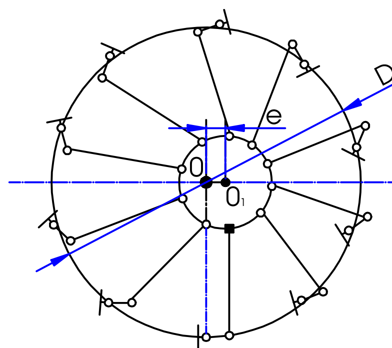
Tất cả các thiết bị đẩy tàu đều tạo nên lực đẩy nhờ phản lực của các khối chất lỏng hoặc khí được lấy từ môi trường bao quanh và đẩy về phía ngược chiều với chiều chuyển động của tàu, nghĩa là theo nguyên lý phản lực. Chất lỏng hoặc khí được đẩy ra nhờ các bộ phận làm việc (cánh, máng, guồng). Các bộ phận này tiếp nhận các phản lực của khối môi chất đẩy ra và biến chúng thành lực, mà hình chiếu của nó lên phương chuyển động gọi là lực đẩy của thiết bị đẩy. Lực đẩy thông qua gối trục chặn truyền vào thân tàu. Các loại thiết bị đẩy mà lực đẩy trực tiếp sinh ra trên các cơ cấu cánh như: chong chóng, guồng và chân vịt. Các lực trên các cánh có thể sinh ra bởi lực cản và lực nâng khi chúng chuyển động trong chất lỏng. Lực đẩy được tạo nên bởi lực nâng phát sinh trên các cánh của thiết bị đẩy.

Phản lực của môi chất không chỉ các bộ phận của thiết bị đẩy tiếp nhận, mà có thể ngay cả các bộ phận cố định (ống, đạo lưu, kênh) cũng tiếp nhận. Thiết bị đẩy, mà phần lớn phản lực của dòng chảy được bộ phận cố định tiếp nhận, được gọi là thiết bị phụt nước. Các thiết bị đẩy không có cơ cấu cánh và việc tăng tốc môi chất ở trong chúng nhờ năng lượng của khí nén, được gọi là thiết bị phụt khí.

Guồng là thiết bị đẩy đầu tiên đã được sử dụng rộng rãi trên các tàu có lắp động cơ truyền động. Guồng là một hình trụ quay, mà trên đường sinh của nó có đặt 6 ÷ 12 cánh guồng. Trục guồng nằm ngang và vuông góc với phương chuyển động. Các guồng đều đặt ở hai bên mạn tàu hoặc ở phần đuôi tàu. Chúng có thể có cánh cố định hoặc di động. Sơ đồ của guồng có cánh cố định được trình bày trên (Xem H12.2).



Hình 12.2. ***Sơ đồ guồng có cánh cố định***

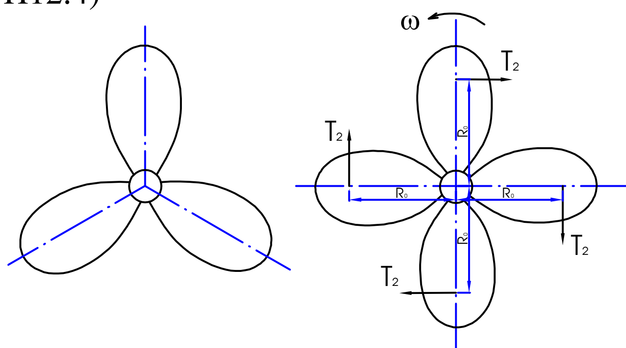


Hình 12.3. ***Sơ đồ guồng có cánh quay***

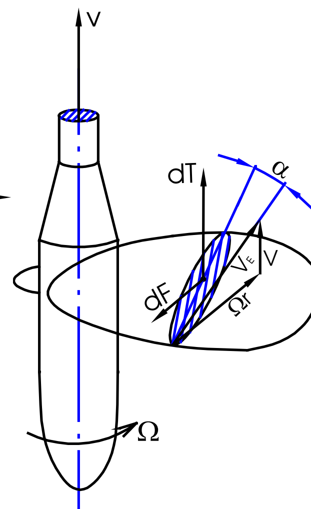
Khi cánh làm việc dòng nước bao lên các cánh, tốc độ của dòng là tổng hình học của tốc độ Ωr sinh ra do cánh quay và tốc độ tịnh tiến v của tàu. Như vậy các lực thuỷ động sinh ra trên các cánh guồng gần vuông góc với chúng được truyền vào trục guồng và thân tàu. Thật vậy, nếu đặt vào trục guồng hai lực ngược chiều R_1 và R_2, về trị số bằng lực R sinh ra trên cánh, ta nhận được một ngẫu lực R và R_2, mà mômen xoắn của động cơ phải thắng lại mômen của chúng. Chiếu R_1 lên hướng chuyển động được lực đẩy T. Sự làm việc của guồng cánh cố định kèm theo nhiều tổn thất năng lượng đáng kể khi nước vào và thoát khỏi cánh. Những tổn thất này có thể giảm bớt bằng cách cho cánh quay (Xem H12.3). Về mặt kết cấu guồng cánh quay rất phức tạp, khối lượng của nó tương đối lớn, nhưng hiệu suất đẩy cao hơn, hiệu suất đẩy đạt 0,5 ÷ 0,6. Tác dụng

của guồng giảm đột ngột khi tàu chòng chành và chiều chìm thay đổi, việc truyền động chúng so với các động cơ hiện đại khá phức tạp, vì vậy chúng chỉ được sử dụng trên các tàu sông luồng lạch cạn. Hiện nay người ta không đóng những con tàu mới lắp guồng.

Thiết bị đẩy được sử dụng rộng rãi nhất là chong chóng, nó hơn hẳn guồng do hiệu suất lớn, kết cấu đơn giản và độ tin cậy cao trong khai thác. Chong chóng gồm từ 3 ÷ 7 cánh, đặt cách nhau cùng một góc trên mặt vật quay, được gọi là củ chong chóng (Xem H12.4)



*Hình 12.4. **Các chong chóng với số cánh khác nhau***

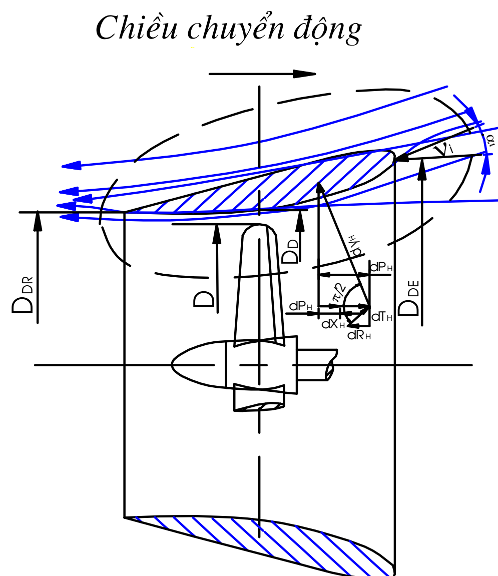


*Hình 12.5. **Sơ đồ làm việc của chong chóng***

Trục quay của chong chóng trùng với hướng chuyển động của tàu hoặc nghiêng một góc thường không lớn. Các cánh chong chóng cong cả hai chiều với độ dang bé. Hình 12.5 là sơ đồ làm việc của chong chóng, gần đúng được mô tả bằng những tam giác tốc độ và lực tác dụng lên tiết diện cánh, được cắt bằng mặt trụ đồng trục với chong chóng. Dòng bao phần tử cánh được xác định bằng tốc độ v_E, bao gồm tốc độ tịnh tiến v của tàu và tốc độ quay Ωr quanh trục chong chóng. Phần tử của cánh chong chóng có thể coi là một prôphin chuyển động trong dòng chảy với tốc độ v_E theo góc tới α. Trong trường hợp này trên phần tử sẽ xuất hiện lực nâng và lực cản. Hình chiếu hợp lực của các lực này lên hướng chuyển động là lực đẩy dT của phần tử đã cho, còn hình chiếu lên mặt phẳng quay dF ngược chiều với tốc độ Ωr tạo thành mômen đối với trục quay mà động cơ phải thắng nó. Chong chóng thường đặt ở phần đuôi tàu. Chỉ trên một vài kiểu tàu (phà, tàu phá băng) ngoài chong chóng ở đuôi còn có thêm chong chóng ở mũi. Người ta thường bố trí một chong chóng ở mặt phẳng đối xứng, hoặc hai chong chóng ở hai mạn đối xứng nhau. Ít khi người ta dùng ba đến bốn chong chóng trên các tàu chạy nhanh trọng lượng lớn. Chong chóng được lắp trên trục nằm ngang hoặc nghiêng. Trên các tàu một chong chóng gối đuôi được đặt trong lỗ luồn trục, khi bố trí trục ở bên mạn gối này phải tựa lên giá chữ nhân. Trong những trường hợp khi chong chóng phải đặt cách xa đáy tàu một khoảng lớn, ví dụ trên các tàu cánh ngầm, hoặc khi cần phải quay trục chong chóng để đảm bảo tính ăn lái thì việc dẫn động nó phải được thực hiện bằng cách truyền động công suất kiểu góc - cột định góc. Về nguyên tắc trên mỗi trục chỉ lắp một chong chóng. Song để nâng cao hiệu suất làm việc của hệ thống đẩy, người ta sử dụng các chong chóng đồng trục quay ngược chiều nhau. Trong trường hợp này cần phải dùng hệ gồm hai trục chong chóng đồng tâm - trục lồng ngoài và trong, mỗi trục quay một chong chóng riêng. Nếu bố trí hai chong chóng, nên tránh trường hợp chúng quay cùng chiều.

Để nâng cao hiệu suất của các chong chóng người ta còn sử dụng thêm các thiết bị hướng dòng như đạo lưu và các cánh. Đạo lưu là một cánh hình vòng bao lấy chong chóng và các cánh dẫn hướng dòng chảy (Xem H12.6).

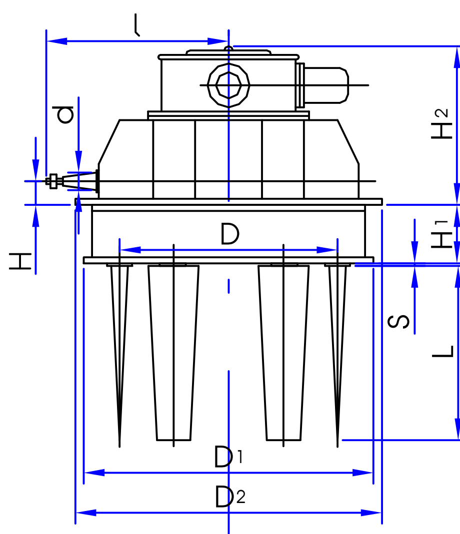
Chiều chuyển động



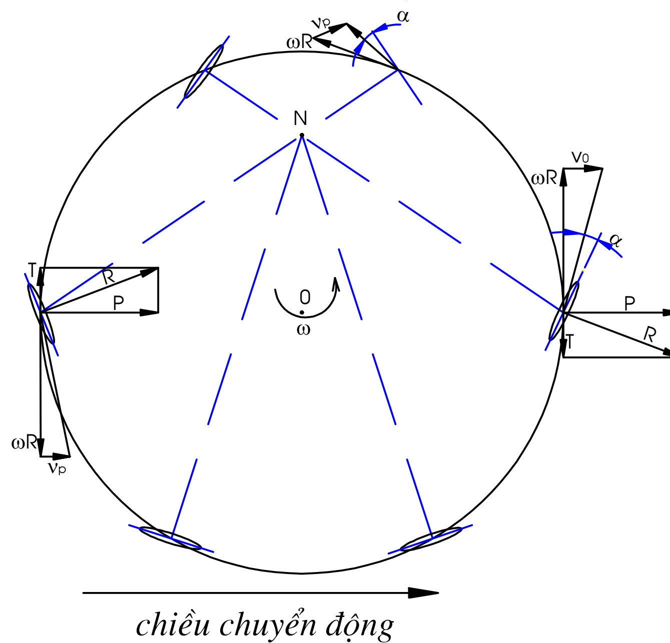
Hình 12.6. ***Chong chóng trong đạo lưu***

Đối với các chong chóng có bước không đổi thì việc đảm bảo chiều chạy của tàu cần phải đảo chiều quay của chong chóng. Việc chạy đảo chiều hoàn toàn đơn giản khi sử dụng chong chóng biến bước, vì cánh của chúng có thể quay quanh trục hướng bán kính tương ứng để có thể thay đổi được trị số và dấu của lực đẩy khi vẫn giữ nguyên chiều quay của chong chóng

Chân vịt Voit – Schneider, viết tắt là (V.S) cũng cho phép thay đổi dấu và trị số của lực đẩy khi chiều quay của trục vẫn không đổi. Chân vịt sẽ làm thay đổi được véc tơ lực đẩy khi quay trong mặt phẳng nằm ngang giới hạn từ $0 \div 360^0$. Thiết bị đẩy này được sử dụng vào năm 1930, có thân hình trống, mà mặt dưới của nó đặt ngang tầm với đáy tàu. Trên chu vi của trống theo các góc bằng nhau đặt $4 \div 8$ cánh thò xuống phía dưới để vừa quay với trống vừa quay quanh trục bản thân. Dạng prôphin cánh có thể là hình thang hoặc nửa elip.



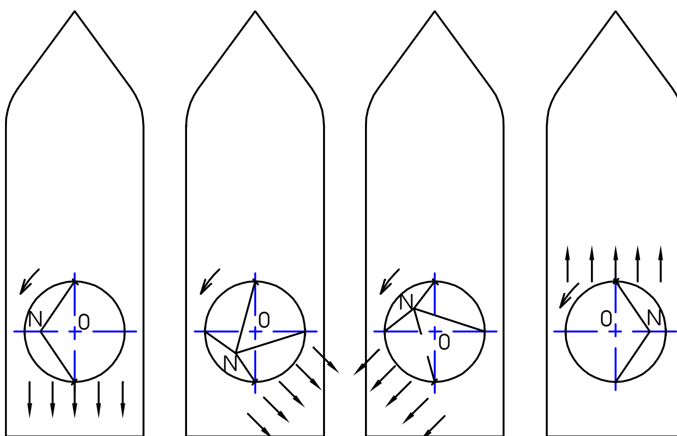
Hình 12.7. a . ***Sơ đồ làm việc của chân vịt***



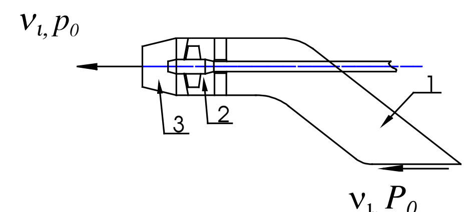
Hình 12. 7. b. ***Sơ đồ làm việc của chân vịt***

Trong một vòng quay của trống các cánh sẽ thực hiện trọn vẹn một dao động, biên độ và pha dao động được xác định bằng cơ cấu vi sai đặc biệt đặt trong trống của chân vịt. ứng với mọi lúc các đường vuông góc với dây cung của cánh đều cắt nhau tại một điểm, được gọi là tâm điều khiển (Xem H12.8).

Tổng tốc độ của dòng chảy tới cánh sẽ tạo với dây cung của cánh góc α_k. Như vậy trên cánh sẽ xuất hiện lực thuỷ động R, các hình chiếu của nó lên hướng chuyển động và tiếp tuyến với vòng tròn sẽ tạo ra lực đẩy và mômen mà hệ thống năng lượng phải thắng lại nó. Kết cấu của bộ dẫn động chân vịt cho phép xác định được tâm điều khiển N tại một điểm bất kỳ trên vòng tròn. Chuyển vị của điểm N sẽ làm thay đổi lực đẩy, phương của lực đẩy vuông góc với đoạn 0N, còn trị số tỉ lệ với chiều dài của đoạn đó.



Hình 12. 8. ***Các vị trí tâm điều khiển cánh chân vịt***

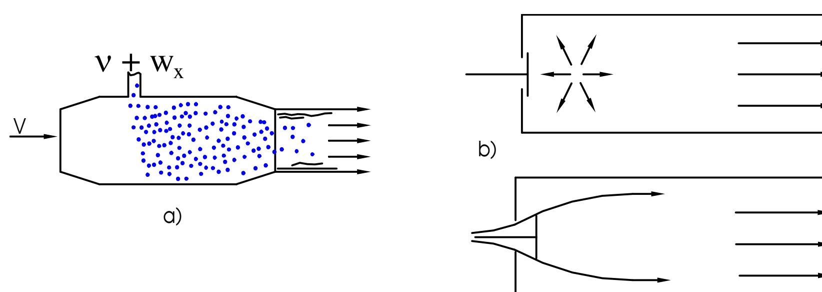


Hình 12.9. ***Thiết bị phụt nước***

Như vậy, chân vịt không những thực hiện được chức năng của thiết bị đẩy mà còn đóng vai trò thiết bị lái, nhờ chúng có thể đảm bảo được việc quay tàu tại chỗ, dịch tàu

sang ngang. Chân vịt kém chong chóng về mặt hiệu suất, nó có khối lượng lớn và kết cấu phức tạp, nhưng lại có tính chất điều động cao nên vẫn được áp dụng ở một số kiểu tàu.

Những thiết bị đẩy gồm các ống dẫn hoặc các kênh, mà bơm đặt trong lòng chúng được gọi là thiết bị phụt nước (Xem H12.9). Bơm sẽ hút nước qua lỗ tiếp nhận và xả nó qua đường ống. Dòng nước xả có thể xả trong nước, vào không khí hoặc vừa nước vừa không khí đối với thiết bị phụt nước kiểu bán chìm. Với tốc độ chuyển động chậm và trung bình thì hiệu suất của thiết bị phụt nước kém chong chóng, vì vậy chúng chỉ được áp dụng trên các tàu chạy trong luồng cạn và vùng nước nhiễm bẩn. Đặc điểm nổi bật của thiết bị phụt nước là không có khả năng đảm bảo việc chạy đảo chiều của tàu bằng cách đổi hướng quay vành cánh bơm. Vì vậy thiết bị phụt nước thường được lắp các thiết bị để đổi hướng dòng nước xả, cũng như các bánh lái đặc biệt và các tấm che để đảm bảo việc đảo chiều. ở những tốc độ chuyển động lớn thì hiệu suất của thiết bị phụt nước gần bằng hiệu suất của chong chóng, vì vậy trong những năm gần đây người ta đã áp dụng chúng trên các tàu cánh ngầm và taù đệm khí. Để tăng áp trên đoạn ống xả các thiết bị phụt nước có thể dùng bơm hướng tâm hoặc ly tâm, cũng như bằng năng lượng của khí nén. Các thiết bị đẩy trực tiếp biến năng lượng dãn nở chất khí sang tăng áp cho nước, được gọi là thiết bị phụt khí. Sơ đồ của các thiết bị này rất khác nhau. Chúng có thể chia ra hai nhóm chính - thẳng dòng và mạch động.



Hình 12.10. ***Thiết bị phụt khí***
a. Thẳng dòng _ b. Mạch động

Thiết bị phụt thẳng dòng gồm một ống với mặt cắt biến đổi, mà nước và khí có áp suất đi qua đó. Như vậy hỗn hợp hai pha đã xuất hiện sẽ được tăng tốc do sự giãn nở thể tích chất khí và xả về phía ngược chiều với chiều chuyển động của tàu (Xem H12.10.a). Tính chất của thiết bị phụt khí thẳng dòng là không có khả năng tạo ra lực kéo khi tốc độ chuyển động của tàu bằng không. Thiết bị phụt mạch động (Xem H12.10.b) vẫn tạo ra lực kéo ngay cả khi tốc độ chuyển động của tàu bằng không, nhờ các van đóng mở chu kỳ kênh tiếp nước. Hiệu suất của thiết bị phụt mạch động thấp hơn hiệu suất của thiết bị phụt thẳng dòng. Nói tóm lại, thiết bị phụt khí hoàn toàn kém về mặt hiệu suất so với loại có cánh cho nên không được áp dụng rộng rãi.

Chương 13
HÌNH HỌC VÀ KẾT CẤU CHONG CHÓNG

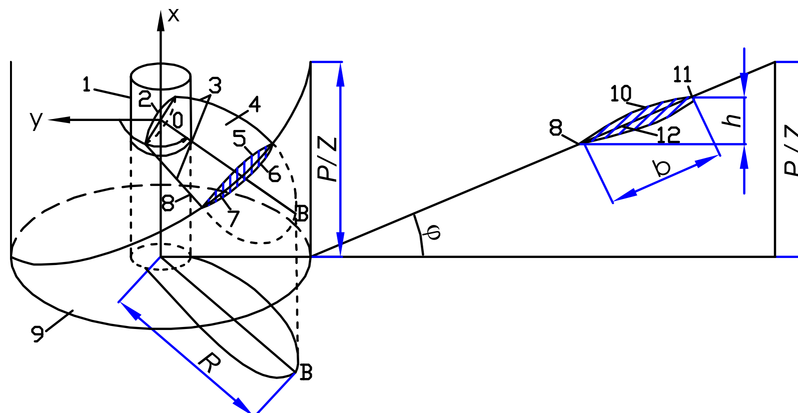
13.1. CÁC YẾU TỐ HÌNH HỌC CHÍNH CỦA CHONG CHÓNG

Về mặt hình học chong chóng là một cấu trúc phức tạp. Các cánh của chong chóng (Xem H13.1) là những cánh cong 4, chiều dày bé nằm trên củ 1. Chúng được tạo bởi hai bề mặt cong cắt nhau. Bề mặt thứ nhất là mặt đạp 6 của cánh, thứ hai– là mặt hút 5. Mặt đạp là mặt cánh hướng về đuôi tàu, mà khi tàu chạy tiến mặt có áp suất tăng cao. Mặt cánh mà trên đó áp suất bị hạ thấp gọi là mặt hút, mặt này hướng về phía mũi tàu. Đường giao nhau của mặt đạp và mặt hút gọi là đường bao của cánh 3. Điểm B của đường bao cánh nằm cách xa trục chong chóng nhất gọi là đỉnh cánh. Đối với mỗi cánh người ta kẻ tượng trưng một đường thẳng vuông góc với trục, đường đó gọi là đường tâm cánh. Khoảng cách từ điểm B tới trục OX là bán kính chong chóng R, trị số gấp đôi nó gọi là đường kính chong chóng D.

Vùng gắn cánh vào củ gọi là chân cánh 2, khoảng cách từ chân cánh tới đỉnh cánh đo theo bán kính là chiều dài của cánh $l = R - r_H$ (r_H– là bán kính của củ). Việc chuyển tiếp từ cánh sang củ phải được lượn đều. Khoảng cách lớn nhất của cánh đo theo hướng trục h gọi là độ nâng của cánh.

Đặc điểm quan trọng nhất của chong chóng, thể hiện dạng hình học của nó là chiều quay. Đối với mặt cắt hình trụ đang xét, nếu nhìn theo trục X thì ở chong chóng quay phải mép đạp của cánh nằm xa hơn mép thoát, ở chong chóng quay trái sẽ ngược lại (Xem H13.1).

Mép cánh cách xa người quan sát nhất và cũng vào nước đầu tiên khi tàu chạy tiến được gọi là mép đạp 11, và ngược lại là mép thoát 8.

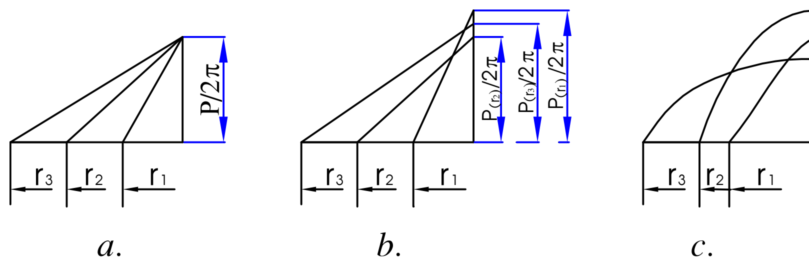


Hình 13.1. ***Hệ toạ độ hình trụ E(0, x, r, θ) và các yếu tố hình học chính của chong chóng quay phải***

Mặt cắt cánh 7 bằng hình trụ 9 đồng tâm với chong chóng và được trải ra trên mặt phẳng gọi là prôphin tiết diện cánh 10. Tuỳ theo kiểu và chức năng của chong chóng các prôphin có thể có hình dạng khác nhau, bình thường ta có thể phân ra làm ba nhóm prôphin: mảnh tròn, hàng không và hình nêm. Đường thẳng nối các điểm xa nhất của prôphin, nghĩa là các mép cánh được gọi là dây cung 12. Mỗi một dây cung là một

đường xoắn hình trụ. Chiều dài dây cung prôphin b gọi là chiều rộng cánh tại bán kính đã cho. Kích thước e lớn nhất đo vuông góc với dây cung là chiều dày lớn nhất của prôphin tiết diện tại bán kính đã cho. Hình dáng của prôphin tiết diện thể hiện qua chiều dày tương đối $\delta = e/b$, mà trị số của nó phụ thuộc vào bán kính mặt cắt hình trụ và giao động trong khoảng $0,2 \div 0,02$.

Các bề mặt cong tạo nên cánh, về hình dạng gần giống mặt xoắn. Ta biết rằng, mặt xoắn được tạo nên bởi đường cong phẳng quay đều xung quanh trục và đồng thời chuyển động thẳng đều dọc theo trục đó. Như vậy mỗi một điểm của đường cong phẳng tạo nên trong không gian một đường xoắn hình trụ có bước cố định, nghĩa là đường được tạo nên trong không gian khi một điểm vừa quay đều quanh một trục vừa chuyển động thẳng đều dọc trục đó. Để xác định bước của đường xoắn ta lấy khoảng cách đo dọc trục khi điểm nói trên đã thực hiện xong một vòng quay quanh trục. Nếu đường cong phẳng được thay bằng một đoạn thẳng vuông góc với trục, thì mặt xoắn tạo nên bởi đường xoắn này gọi là đường xoắn đều. Trên hình 13.2 so sánh các mặt cắt hình trụ cho mặt xoắn đều, mặt xoắn có bước thay đổi theo hướng bán kính và mặt xoắn có bước thay đổi hỗn hợp theo hướng bán kính – trục.



Hình 13.2. ***Các mặt cắt hình trụ được trải phẳng***

a. Mặt xoắn đều

b. Mặt xoắn có bước biến đổi theo hướng bán kính

c. Mặt xoắn có bước biến đổi hỗn hợp bán kính – trục

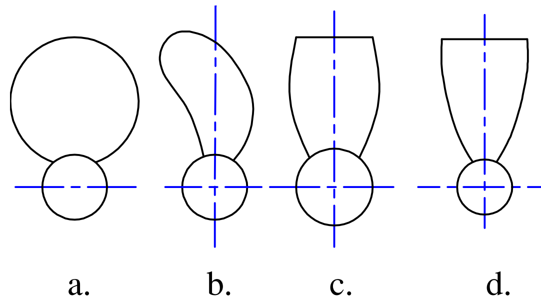
Bề mặt chứa các mép cánh và các dây cung của tất cả các mặt cắt hình trụ của cánh đang xét gọi là bề mặt định mức. Bước của bề mặt này gọi là bước mép. Chong chóng được gọi là chong chóng có bước không đổi khi bước mép của tất cả các mặt cắt đều bằng nhau. Khi bề mặt định mức có bước thay đổi theo hướng bán kính thì chong chóng được gọi là chong chóng biến bước.

Trong tính toán chong chóng, thì đặc trưng hình học của cánh được mô tả bằng góc bước:

$$\varphi = \mathrm{arctg}[P/(2\pi r)] \qquad (13.1.1)$$

Trong thực tế người ta lấy bước của mặt cắt nằm tại bán kính tương đối $\bar{r} = 0,7$ làm bước kết cấu. Tỷ số giữa bước kết cấu P và đường kính chong chóng D gọi là tỷ số bước kết cấu P/D và nó là một trong những đặc tính hình học quan trọng nhất của chong chóng.

Diện tích bề mặt định mức là diện tích của cánh chong chóng. Tuy nhiên bề mặt này không duỗi được nó để trùng với mặt phẳng, nên ta lấy tượng trưng diện tích mặt nắn thẳng của cánh làm số đo diện tích. Như vậy đường bao diện tích này gọi là đường bao của mặt cánh nắn thẳng.



Hình 13.3. ***Các dạng đường bao mặt nắn thẳng của cánh chong chóng***
a. elip đối xứng
b. không đối xứng hoặc cong lưỡi dao
c. dạng phá băng
d. dành cho đạo lưu

Chiều rộng của cánh nắn thẳng ở mỗi bán kính bằng dây cung của prôphin tương ứng. Diện tích của mặt cánh nắn thẳng có thể tính theo công thức:

$$A_E / Z = \int_{r_H}^{R} b(r)dr \qquad (13.1.2)$$

trong đó: b(r) – chiều rộng cánh tại bán kính r, còn r_H là bán kính củ chong chóng.

Toàn bộ diện tích của Z cánh chong chóng là A_E. Tỷ số diện tích này trên diện tích mặt đĩa chong chóng $A_0 = \pi D^2/4$ gọi là tỷ số đĩa:

$$A_E / A_0 = \left[4Z/(\pi D^2)\right]\int_{r_H}^{R} b(r)dr \qquad (13.1.3)$$

Trị số của tỷ số đĩa đối với các chong chóng tàu thuỷ dao động trong khoảng 0,4 ÷ 1,4. Các dạng đặc trưng của hình bao mặt cánh nắn thẳng được trình bày trên hình 13.3.

13.2. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐỊNH HÌNH CHONG CHÓNG, CÁCH BIỂU DIỄN BỀ MẶT CÁNH BẰNG TOÁN HỌC

Do yêu cầu rất chính xác khi chế tạo chong chóng nên bắt buộc phải mô tả tỷ mỷ hình dạng hình học của cánh. Việc mô tả hình dạng hình học của cánh để thuận tiện cho việc chế tạo mới chong chóng sau này, có thể thực hiện bằng hai phương pháp: phương pháp xây dựng bản vẽ lý thuyết bằng tay, rồi sau đó đến bản vẽ chế tạo chong chóng và dùng phương pháp toán học để mô tả bề mặt cánh chong chóng. Trong những năm gần đây phương pháp thứ hai được áp dụng rộng rãi có kết hợp với việc sử dụng các máy công cụ được lắp bộ điều khiển chương trình và các bộ tự động vẽ hình để chế tạo chong chóng.

Cách biểu diễn bề mặt cánh chong chóng bằng toán học hoàn toàn xác định được mười thông số hình học cơ bản không thứ nguyên của chong chóng. Ngoài ra để mô tả toàn diện hình dạng hình học của chong chóng, cần phải biết trước ba trị số: số cánh Z, đường kính D và bán kính củ r_H của chong chóng. Như vậy, để mô tả một cánh bất kỳ cần phải có tất cả mười ba thông số hình học, trong đó hai thông số có thể là hàm của một hoặc hai biến số, tám thông số là hàm của một biến và ba là hàm cố định. Trong trường hợp cụ thể, các thông số này được xác định từ bản tính thiết kế chong chóng.

Đối với mỗi cánh ta kẻ đường tâm cánh vuông góc với trục chong chóng. Ta thấy rằng đường tâm của các cánh đều cắt nhau tại một điểm – tại tâm đĩa chong chóng và nằm đối xứng trong mặt phẳng của đĩa đó, nghĩa là ở những góc bằng nhau. Một trong các cánh và đường tâm cánh ứng với nó mang số không.

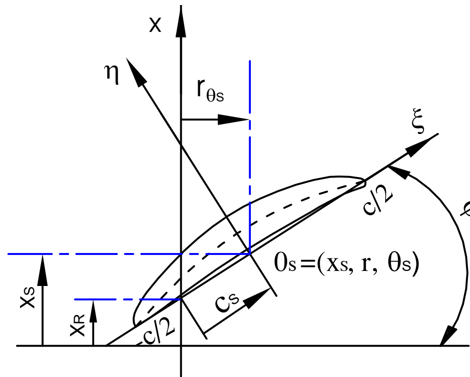
Ta dùng hệ toạ độ hình trụ E (0, x, r, θ) đồng tâm với chong chóng có gốc nằm tại tâm đĩa (Xem H13.1). Trục x trùng với trục chong chóng hướng về phía chuyển động của tàu, nghĩa là theo hướng từ mặt đạp tới mặt hút của cánh. Góc θ được tính trong mặt phẳng đĩa từ đường tâm cánh số không theo hướng từ mép thoát tới mép đạp, nghĩa là theo chiều kim đồng hồ đối với trục chong chóng quay phải nếu nhìn theo hướng trục ox. Phương trình của đường xoắn đều, bán kính r trong hệ toạ độ này có thể viết:

$$x - x_R = [P/(2\pi)]\theta \qquad (13.2.1)$$

trong đó: P – là bước của đường xoắn, x_R – là hoành độ giao điểm của đường xoắn với mặt phẳng đi qua trục ox và đường tâm cánh số không.

Vị trí của một điểm bất kỳ trên đường xoắn này có thể biểu diễn dưới dạng toạ độ cong ξ, về trí số tuyệt đối nó bằng chiều dài của đoạn đường xoắn từ gốc toạ độ đến điểm đang xét. Ta ký hiệu chiều dài đường xoắn nằm giữa gốc toạ độ ξ và điểm có hoành độ x_R là $|C_S|$. Khi C_S bằng không thì gốc toạ độ ξ trùng với giao điểm của đường xoắn đang xét với mặt phẳng đi qua trục ox và đường tâm cánh số không.

Ngoài hệ toạ độ trụ E ta dùng hệ toạ độ cong cục bộ F (O_S, ξ, η) có liên quan với mặt cắt hình trụ tại bán kính đã cho (Xem H13.4).



Hình 13.4. ***Hệ toạ độ cục bộ*** *F(O_S, ξ, η)*

Gốc toạ O_S nằm tại trung điểm của dây mặt cắt cánh. Toạ độ ξ của hệ F hoàn toàn tương tự như toạ độ đã xét ở trên và hướng về phía mép đạp. Toạ độ η vuông góc với dây cung trong mặt phẳng và hướng về phía mặt hút (Xem H13.4). Lúc bấy giờ vị trí của mặt cắt cánh hoàn toàn được xác định bằng bốn thông số: r, P, x_r và c_s nghĩa là bán kính của hình trụ cát tuyến, bước của mặt cắt, khoảng tỳ, và độ cong của mặt cắt. Như vậy, việc chuyển hệ tạo độ của hệ trục cục bộ F sang hệ trụ E được thể hiện qua các công thức:

$$\left.\begin{aligned} x &= x_R + (C_s + \xi) \sin\varphi + \eta \cos\varphi ; \\ \theta &= (1/r) [(C_s + \xi) \cos\varphi - \eta \sin\varphi ; \\ r &= r_S \end{aligned}\right\} \qquad (13.2.2)$$

trong đó: φ – được xác định theo công thức (13.1.1).

Độ cong hình lưỡi dao mặt cắt c_s mang giá trị dương khi tâm dây cung dịch theo chiều dương ξ từ mặt phẳng chứa trục Ox và đường tâm số không, nghĩa là dịch về phía mép đạp (Xem H13.4)

Độ cong hình lưỡi dao của mặt cắt C_s tại mặt cắt đang xét là độ dịch chuyển của tâm dây cung mặt cắt cánh hình trụ trong mặt phẳng của bề mặt nắn thẳng từ vết của đường tâm cánh. Ngoài ra, độ cong đó cũng được biểu thị bằng góc uốn cong hình lưỡi dao θ_s, là toạ độ của tâm dây cung mặt cắt trong hệ toạ độ hình trụ E, mà theo (13.5) nó liên quan với góc bước φ và độ cong C_s bằng công thức sau:

$$\theta_S = C_s \cos\varphi / r \qquad (13.2.3)$$

Khoảng tỳ x_R nói trên mô tả độ dịch chuyển dây cung của mặt cắt dọc trục x . Theo (2-5) thì sự liên quan giữa khoảng tỳ lớn nhất , góc bước và độ cong hình lưỡi dao của mặt cắt được thể hiện bằng công thức sau:

$$x_S = x_R + C_s \sin\varphi \qquad (13.2.4)$$

Như vậy, vị trí của tâm dây cung mặt cắt trong hệ toạ độ hình trụ E được xác định bằng bán kính r, khoảng tỳ lớn nhất x_s và góc uốn cong hình lưỡi dao θ_s (xem hình 2-4)

Trong hệ toạ độ F, mặt cắt đang xét có thể biểu diễn bằng phương trình đường bao nó:

$$\eta^{\pm} = \eta^{\pm}(\xi) \qquad (13.2.5)$$

trong đó: η^+ và η^- – toạ độ của mặt hút và mặt đạp của mặt cắt tương ứng. Chiều dày mặt cắt là hàm $\eta_e(\xi)$ bằng khoảng cách từ mặt hút tới mặt đạp đo vuông góc với dây cung, nghĩa là:

$$\eta_e(\xi) = \eta^+(\xi) - \eta^-(\xi) \qquad (13.2.6)$$

Cực đại của hàm $\eta_e(\xi)$ là e, còn trị số ξ mà tại đó ứng với điểm cực đại là ξ_{eM}. Trị số e gọi là chiều dày lớn nhất của mặt cắt, còn tỷ số của nó trên chiều dài dây cung, nghĩa là δ = e/b – chiều dày tương đối của mặt cắt. Hàm phân bố chiều dày hoặc hàm chiều dày tương đối có dạng: $F_T(\tilde{\xi}) = \eta_e(\tilde{\xi})/e$, trong đó $\tilde{\xi}$ – hoành độ không thứ nguyên được lấy từ phép chia kích thước cho b/2. Hàm này được sử dụng để lập tiêu chuẩn về quy luật phân bố chiều dày mặt cắt theo dây cung. Các tung độ của đường giữa mặt cắt được coi là nửa tổng số tung độ của mặt hút và mặt đạp, khi đó:

$$\eta_c(\xi) = 0{,}5[\eta^+(\xi) - \eta^-(\xi)] \qquad (13.2.7)$$

cực đại của hàm $\eta_c(\xi)$ kí hiệu là f_M, và trị số ξ mà tại đó xảy ra cực đại ký hiệu là ξ_{CM}. Trị số f_M gọi là độ võng lớn nhất của đường giữa và tỷ số của nó với dây cung, nghĩa là $\delta_C = f_M/b$ – độ võng tương đối của mặt cắt. Hàm phân bố tung độ của đường giữa có dạng: $F_c(\tilde{\xi}) = \eta_c / f_M$. Hàm này được sử dụng để lập tiêu chuẩn về quy luật phân bố tung độ của đường giữa theo dây cung. Chú ý tới các ký hiệu trên công thức (13.2.5), ta có thể viết:

$$\eta \pm (\tilde{\xi}) = f_M F_c(\tilde{\xi}) \pm 0{,}5 e F_T(\tilde{\xi}) \qquad (13.2.8)$$

Theo OCT 5.0317 – 80 người ta dự kiến sử dụng hai phương pháp gần đúng để giải bài toán mô tả bề mặt cánh chong chóng như :

- Gần đúng từng phần tử theo các phương trình đã được viết trong hệ toạ độ hình trụ E.
- Gần đúng trực tiếp theo các phương trình thông số đã được viết trong hệ trục toạ độ cục bộ F.

Trong phương pháp thứ hai thì số lượng các bước đi để xác định toạ độ bề mặt cánh chong chóng không lớn hơn nên ở giai đoạn chuẩn bị các chương trình điều khiển cho thiết bị điều khiển chương trình việc áp dụng phương pháp này là hợp lý. Còn phương pháp gần đúng từng phần thì ngược lại, nó được sử dụng ở giai đoạn chuẩn bị các số liệu ban đầu.

Dạng cơ bản của phương trình bề mặt cánh chong chóng trong trường hợp này sẽ nhận được sau khi thay (13.2.8) và (13.2.2) có xét đến (13.1.1) và bằng cách chia tất cả các kích thước tuyến tính cho bán kính chong chóng, như vậy:

$$\left.\begin{aligned}
&\varphi = arctg\left[\overline{P}(r)/(2\Pi r)\right];\\
&\overline{x}^{\pm} = \overline{x}_R + \left(\overline{c}_S + 0{,}5\overline{b}\,\widetilde{\xi}\right)\sin\varphi + \left(\overline{f}_M F_c \pm 0{,}5\overline{e}F_T\right)\cos\varphi;\\
&\theta^{\pm} = (1/\overline{r}) + \left(\overline{c}_S + 0{,}5\overline{b}\,\widetilde{\xi}\right)\cos\varphi - \left(\overline{f}_M F_c \pm 0{,}5\overline{e}F_T\right)\sin\varphi;\\
&F_T(\widetilde{\xi}) = F_{TM}(\widetilde{\xi}_e);\\
&F_c(\widetilde{\xi}) = F_{CM}(\widetilde{\xi}_c);\\
&\widetilde{\xi}_e = \mp 1 \pm (1+\widetilde{\xi})/(1 \pm \widetilde{\xi}_{eM})\,\text{khi}\,\widetilde{\xi} - \xi_{eM}\begin{cases}\le 0;\\ > 0;\end{cases}\\
&\widetilde{\xi}_c = \mp 1 \pm (1+\widetilde{\xi})/(1 \pm \widetilde{\xi}_{cM})\,\text{khi}\,\widetilde{\xi} - \xi_{cM}\begin{cases}\le 0;\\ > 0;\end{cases}
\end{aligned}\right\}\qquad (13.2.9)$$

Trong đó (-) và (~) trên các ký hiệu chỉ rõ các đại lượng không thứ nguyên nhận được bằng cách chia phần tử đã nhận được cho R và b/2 tương ứng $\widetilde{\xi}_e$ và $\widetilde{\xi}_c$ – các biến độc lập mới để cho phép áp dụng các hàm quy đổi phân bố chiều dày và phân bố toạ độ của đường giữa mặt cắt $F_{TM}(\widetilde{\xi}_e)$ và $F_{CM}(\widetilde{\xi}_C)$. Những hàm này không phụ thuộc vào trị số và vị trí của các điểm cực đại của các hàm xuất phát η_e (ξ) và η_C (ξ) đặc trưng cho hình dáng mặt cắt; $x^{\pm}$ và $\theta^{\pm}$ – toạ độ phía hút và đạp của đường bao mặt cắt tại bán kính r tương ứng trong hệ hình trụ E. Trong phương trình này có hai biến độc lập $\overline{r}$ và $\widetilde{\xi}$ và 10 thông số không thứ nguyên, được gọi là các thông số hình học cơ bản như: F_{TM}, F_{CM}, $\overline{b}$, $\overline{C}_S$, $\overline{x}_R$, $\overline{e}$, $\overline{f}_M$, $\overline{P}$, $\widetilde{\xi}_{eM}$, $\widetilde{\xi}_{CM}$. Hai thông số đầu có thể phụ vào $\overline{r}$ và $\widetilde{\xi}$, các thông số còn lại chỉ phụ thuộc vào $\overline{r}$. Nếu F_{TM} và F_{CM} phụ thuộc vào $\widetilde{\xi}$ mà không phụ thuộc vào $\overline{r}$ thì có nghĩa là cánh có một prôphin duy nhất hay quy luật phân bố chiều dày và tung độ đường giữa của mặt cắt đều giống nhau trên tất cả các bán kính.

Các số liệu xuất phát để mô tả bề mắt cánh chong chóng bằng toán học được xây dựng theo dạng bảng các trị số của 10 hàm ứng với các thông số hình học cơ bản. Thông thường người ta trình bày 10 mặt cắt [$\overline{r}$ = 0,2 ÷ 0,9 (0,1); 0,95; 0,975] và 16 điểm trên mỗi dây cung [$\widetilde{\xi}$ = - 0,95; - 0,9; - 0,85; - 0,8 ÷ + 0,8 (0,2); + 0,85; + 0,9; + 0,95; + 0,975].

Việc đảm bảo bằng chương trình nêu trong OCT5.0317–80 cho phép bằng máy tính điện tử kiểu EC làm trơn từng phần và nội dung các hàm nói trên bằng những đường giả cong trùng lập phương, sau đó có thể xác định toạ độ của từng điểm bề mặt cánh bằng cách sử dụng phương trình (13.2.9). Việc làm trơn là rất cần thiết để đảm bảo độ trơn đều cho bề mặt cánh.

13.3. XÂY DỰNG BẢN VẼ LÝ THUYẾT CỦA CHONG CHÓNG

Bản vẽ lý thuyết của chong chóng được trình bày trên hình 13.5, gồm có đường bao mặt nắn phẳng của cánh 6 cùng với đường chiều dày lớn nhất 5 và một loạt mặt cắt 7 (tới 10); hình chiếu pháp của cánh 4 (đường bao thiết kế); hình chiếu cạnh 1 có chứa

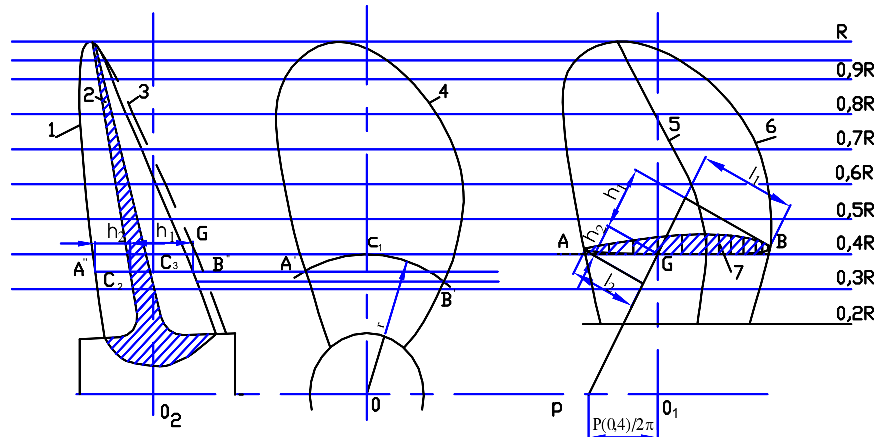
đường bao qui cách 3 của cánh và mặt cắt qui ước của cánh theo đường chiều dày lớn nhất 2.

Tỷ lệ của bản vẽ được chọn trong dãy 1:1, 1:2, 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10. Đường bao mặt nắn phẳng và đường chiều dày lớn nhất được xây dựng như sau (Xem H13.5).

Ở một phần ba cuối bên phải tờ giấy vẽ, ta kẻ đường tâm cánh ở giữa. Trên đường đó ta định các điểm tương ứng với 10 bán kính trung gian. Qua các điểm đó ta kẻ các đường thẳng phụ nằm ngang, trên đó tính từ đường tâm cánh ta đặt ba trị số: hoành độ (trong hệ F) của mép đạp ξ_{dx}, hoành độ mép thoát ξ_{tx} (Xem hoành độ ξ trên hình 13.4) và hoành độ của đường chiều dày lớn nhất $\tilde{\xi}_{eM}$, được tính theo các công thức dưới đây:

$$\left.\begin{aligned} \tilde{\xi}_{\substack{dx\\tx}} &= \overline{C_S}R \pm 0{,}5\bar{b}R; \\ \xi_{eM} &= \tilde{\xi}_{eM}\, 0{,}5\bar{b}R \end{aligned}\right\} \qquad (13.3.1)$$

Nối các điểm lại bằng đường cong trơn và tại đây ta đã kết thúc quá trình xây dựng vừa nói. Trên hình13.3 là các sơ đồ của bốn dạng đường bao mặt nắn phẳng của cánh đang được sử dụng thông dụng nhất. Đôi khi đường bao này được thể hiện bằng đường nét mảnh trên hình chiếu pháp.



*Hình 13.5. **Cách xây dựng bản vẽ lý thuyết của chong chóng***

1. Đường bao hình chiếu cạnh
2. mặt cắt giả định của cánh theo đường chiều dày lớn nhất
3. đường bao quy cách
4. đường bao thiết kế
5. đường chiều dày lớn nhất
6. đường bao mặt nắn thẳng
7. mặt cắt hình trụ.

Đường bao mặt nắn phẳng của cánh thường trùng với cách biểu diễn các mặt cắt hình trụ. Mặt cắt tại một bán kính khi biết các hàm F_c ,F_T và các yếu tố f_M, e phải được xây dựng sau khi đã tính được các tung độ theo công thức (13.1.1). Các chiều dày và các tung độ phải đặt vuông góc với dây cung. Để xây dựng đúng mặt cắt cánh gần các mép phải sử dụng các trị số bán kính cong của các mép đã biết đến trong quá trình thiết kế. Khi sử dụng máy tính điện tử để xây dựng bản vẽ theo cách mô tả bản vẽ bằng toán học thì không cần phải giả thiết các bán kính cong nói trên, vì chúng được xác định trong quá trình làm trơn và xấp xỉ hàm F_T theo $\tilde{\xi}$. Như vậy, hàm F_T phải được định

trước bằng bảng và các trị số trong 16 điểm nói trên của dây cung. Khi xây dựng mặt cắt thì độ nâng của mép cánh và các bán kính được ghi cạnh mép vòng tròn, như vậy mặt cắt phải vẽ theo dây cung ngoài. Trên bản vẽ thi công đối với từng mặt cắt phải chỉ rõ các tung độ của mặt đạp và tung độ mặt hút của 16 điểm nói trên. Ngoài ra, nếu cần phải chỉ rõ các thông số của mép.

Hình chiếu pháp của cánh là hình chiếu lên mặt phẳng đĩa chong chóng và được xây dựng như sau (Xem H13.5)

Trước hết, phải thực hiện các công việc phụ trợ. Từ điểm O_1 ứng với trục chong chóng trên đường bao nắn phẳng, theo đường nằm ngang tương ứng ta đặt trị số $P(r)/(2\pi)$ về phía ngược chiều với chiều quay của chong chóng, nghĩa là bên trái đối với chong chóng quay phải. Nếu bước của chong chóng biến đổi theo bán kính thì cách xây dựng trên phải thực hiện cho từng mặt cắt. Từ điểm P nhận được theo cách trên kẻ tia qua tâm dây cung C của mặt cắt đang xét. Trong vùng mép đạp ta kẻ hai đường tiếp tuyến với đường bao của mặt cắt- một vuông góc với tia PC, hai song song với nó ta được h_1 và l_1 trên hình 13.5. Điều này được rút ra từ tính đồng dạng của tam giác bước và tam giác vuông với các cạnh kề h_1 và l_1. Cách xây dựng tương tự vẫn cho phép tìm được h_2 và l_2 cho mép thoát của mặt cắt.

Bây giờ ta xây dựng đường bao hình chiếu pháp của cánh. Vào giữa tờ giấy vẽ kẻ đường thẳng đứng, mà nó sẽ trùng với đường tâm của cánh số không, ta định vị trục chong chóng O. Từ điểm O làm tâm ta quay cung tròn ứng với mặt cắt đang xét, gọi C_1 là giao điểm giữa đường tâm cánh với cung tròn, thì để nhận được điểm của đường bao thuộc hình chiếu pháp B' chỉ cần chú ý rằng chiều dài dây cung C_1B' bằng chiều dài đoạn l_1 đã tìm được trong quá trình xây dựng phụ trợ nói trên.

Vị trí thực tế của điểm trên cung đang xét có thể tìm bằng phương pháp đồ thị, khi $A_E/A_o > 0,7$ và phương pháp giải tích cho trường hợp bất kỳ. Phương pháp đồ thị là phương pháp mà trên đường thẳng nằm ngang đi qua C_1 ta đặt 1/4 đoạn l_1. Từ điểm nhận được làm tâm quay cung tròn bán kính bằng 3/4 $l_1$và giao điểm của cung này với cung cơ bản ứng với cung của mặt cắt đang xét cho ta điểm phải tìm B'. Đối với chong chóng quay phải điểm này tương ứng với mép đạp và nằm bên phải đường tâm cánh, còn đối với chong chóng quay trái điểm này ứng với mép thoát, tuy vậy nó vẫn nằm bên phải đường tâm cánh nếu nó di động trên cung cơ bản của bán kính đang xét. Điểm A' ứng với mép thoát của chong chóng quay phải vẫn có thể tìm được tương tự. Nối tất cả các điểm đã nhận được cho tất cả các bán kính mặt cắt ta được đường bao hình chiếu pháp của cánh. Tại đây kết thúc quá trình xây dựng đường bao hình chiếu pháp của cánh.

Hình chiếu cạnh của cánh (Xem H13.5), nghĩa là hình chiếu lên mặt phẳng đi qua trục chong chóng và đường tâm cánh số không, được xây dựng như sau: Vào giữa 1/3 tờ giấy vẽ ta kẻ đường tâm cánh số không. Trên đường nằm ngang ta định tâm trục chong chóng O_2 như đã làm khi xây dựng hình chiếu pháp. Ta xem cách xác định điểm B'' trên hình chiếu cạnh. Từ điểm C_1 song song với trục chong chóng ta kẻ đường phụ trợ nằm ngang cho tới khi cắt đường tâm cánh trên hình chiếu cạnh, ta có điểm C_3. Từ điểm này trên đường nằm ngang ta đặt đoạn $|x_R|$ về bên trái khi $x_R < 0$ và bên phải khi $x_R > 0$. Điểm nhận được kí hiệu là C_2. Về phía phải C_2 trên đường nằm ngang ta đặt đoạn h_1 (để xác định điểm A'' đặt h_2 về bên trái). Điểm G nhận được là điểm tương ứng của đường bao cánh (Xem H13.5), nghĩa là trong quá trình chong chóng quay vị trí của điểm đang xét là lớn nhất theo chiều cao ở trên hình chiếu cạnh. Tại điểm giao nhau của đường thẳng hạ từ G và đường nằm ngang phụ đi qua điểm B' của hình chiếu pháp cho ta điểm B''. Nối các điểm đã nhận được bằng đường cong trơn ta kết thúc quá trình xây dựng hình chiếu cạnh ở đây.

Đường nối các điểm C_2 cho các mặt cắt gọi là đường sinh của cánh. Đường này thường có dạng đường thẳng đi qua điểm O_2. Trong trường hợp này góc giữa đường sinh và đường tâm cánh gọi là góc nghiêng của cánh. Nó thay đổi trong khoảng $0 \div 15^0$. Ngoài đường bao hình chiếu cạnh còn đường bao tạo dáng của cánh, thể hiện bằng đường gián đoạn (Xem H13.5). Để vẽ mặt cắt giả định của cánh theo đường chiều dày lớn nhất (đồ thị chiều dày lớn nhất) thì từ đường sinh của cánh theo đường nằm ngang ta đặt bên phải trị số chiều dày lớn nhất của các mặt tương ứng. Nối các điểm đã nhận được bằng đường cong trơn và gạch chéo vùng giữa đường này và đường sinh (Xem H13.5). Điểm đặc biệt là chiều dày ở đỉnh cánh không bằng không mà nó bằng khoảng cách $e_1 \geq 0{,}007$ R cho những tàu không chạy trong băng. Ngoài ra chiều dày lớn nhất của các mặt cắt ở các bán kính tương đối 0,6 ÷ 0,7 hoặc 0,2 ÷ 0,25 phải thoả mãn các yêu cầu của Đăng kiểm.

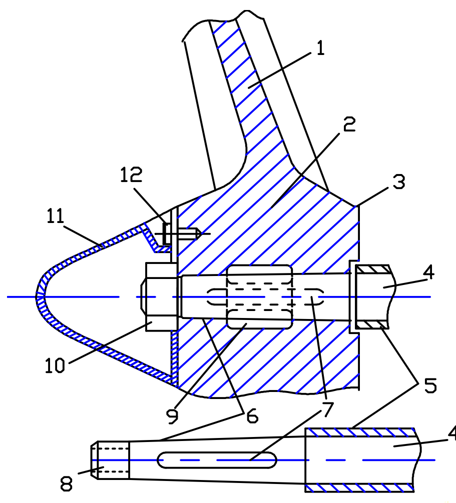
Khác với bản vẽ thi công trên bản vẽ lý thuyết thông thường không vẽ đường giao nhau của bề mặt cánh với củ mà chỉ vẽ nét lượn đều trên mặt cắt của cánh theo đường chiều dày lớn nhất.

Những năm gần đây người ta áp dụng rộng rãi chong chóng với đường bao cánh rất không đối xứng.

13.4. KẾT CẤU CHONG CHÓNG

Tuỳ thuộc vào phương pháp ghép cánh với củ người ta chiachong chóng ra làm hai nhóm: Chong chóng bước không đổi cánh được ghép cố định vào với củ, chong chóng biến bước cánh của chúng có thể quay quanh trục vuông góc với trục chong chóng để điều chỉnh bước.

Chong chóng bước không đổi được chia ra loại đúc khối, hàn và chong chóng cánh củ rời; mà cánh của nó được ghép vào củ bằng cách nối bích hoặc ép nén. Củ chong chóng là một vật tròn xoay mà đường sinh của nó có hình dáng khác nhau. Dạng của đường sinh phải tính toán và chọn sao cho củ kèm theo mũ thoát nước và các vật nhô tạo thành một tổ hợp dễ thoát nước. Đường kính trung bình của củ thường lấy bằng 1,8 ÷2,2 d_B, trong đó d_B là đường kính trục chong chóng. Mặt đuôi củ về nguyên tắc có đường kính nhỏ hơn. Chiều dài của củ cần được tính toán và chọn sao cho khi bảo quản chong chóng tựa lên mặt mút các mép cánh không bị va chạm.



Hình 13.6. ***Sơ đồ kết cấu của mũ, củ thoát nước và trục chong chóng***

1. cánh
2. củ
3. rãnh đặt vỏ chống quấn dây
4. trục chong chóng
5. áo trục chong chóng
6. đoạn côn trục
7. then
8. đoạn trụ đầu trục
9. lỗ khoét trong củ để giảm công việc cạo rà
10. đai ốc đầu trục
11. mũ thoát nước
12. bulông giữ mũ với củ

Củ và trục chong chóng được nối ghép bằng then hoặc ép không then. Lỗ bên trong củ có độ côn 1:15, để tương ứng với độ côn trục chong chóng. Sơ đồ kết cấu của củ, mũ thoát nươc và trục chong chóng trong trường hợp nối then được trình bày trên hình 13.6.

Lực đẩy của chong chóng khi chạy tiến do phần côn trục tiếp nhận, còn khi chạy lùi do đai ốc vặn vào ren phần đầu trục tiếp nhận. Để giảm tổn thất thuỷ lực, tránh cho phần côn trục, đai ốc và ren bị ăn mòn và hư hỏng người ta lắp mũ thoát nước. Mũ được lắp ghép kín nước trên củ bằng bu lông và đổ đầy mỡ bôi trơn đặc. ở mút trước của củ cũng phải lắp đệm kín để tránh nước biển lọt vào trục. Trên các tàu nhỏ đai ốc và mũ thường kết hợp thành một chi tiết.

Tuỳ theo các yêu cầu về độ chính xác và độ bóng của bề mặt khi chế tạo chong chóng bằng kim loại theo ΓOCT 8054 – 81 phân ra 4 loại chong chóng: S – đặc biệt, I – cao cấp, II – trung bình, III – thường. Loại trung bình dành cho các tàu có tốc độ dưới 15 hải lý/h, loại thường cho các tàu và phương tiện nổi, mà tốc độ của chúng không phải là thông số khai thác quy định. Đa số các tàu cỡ lớn tốc độ từ 15÷20 hải lý/h chong chóng được chế tạo theo loại cao cấp; loại đặc biệt áp dụng cho các tàu cao tốc trên 25 hải lý/h.

Độ chính xác và độ bóng gia công bề mặt cánh chong chóng thuộc loại đặc biệt phải lấy theo ΓOCT 8054 – 81 _ các chỉ tiêu sau đây:

- Sai số tới hạn tính bằng phần trăm không vượt quá ±0,15 cho bán kính chong chóng; ±1,0 cho chiều dài mặt cắt; +2,0 ÷(–1,0) cho chiều dày mặt cắt, trong đó sai số tuyệt đối cho đường kính chong chóng dưới 2,5 m là ±0,5mm và +0,2mm ÷1,0mm cho đường kính 2,5m và lớn hơn; nếu sai số tới hạn tính bằng phần trăm được chuyển sang milimét thì chúng phải nhỏ hơn các trị số đó; ±5,0 cho khối lượng chong chóng; độ nhám mặt ngoài của cánh chong chóng và củ không cao hơn 0,63 micromet cho mặt đạp, ở 0,10 chiều dài mặt cắt tại bán kính (0,4 ÷0,9)R và từ mặt cắt ở bán kính 0,9 R tới đỉnh cánh; 2,5 micrômét cho củ và phần chân cánh tới mặt cắt ở bán kính 0,4R và 1,25 micrômét cho các bề mặt còn lại.

Về mặt gia công các yêu cầu này rất khắt khe và cần phải đảm bảo các đặc tính động lực học của chong chóng, không xuất hiện xâm thực, giảm tiếng ồn, hiệu suất đẩy cao.

Về mặt vật liệu, theo ΓOCT 8054 – 81 thì các chong chóng loại đặc biệt và cao cấp được phép sử dụng các loại vật liệu như: đồng thau đặc biệt, đồng đỏ, thép không rỉ. Trên các tàu cỡ bé người ta còn áp dụng những chong chóng bằng chất dẻo. Vật liệu chế tạo chong chóng phải có sức chịu ăn mòn, các chỉ tiêu đảm bảo sức bền tĩnh và tính đàn hồi, độ bền mỏi, dễ dát mỏng và sửa chữa, giá thành thấp và trọng lượng nhỏ. Chong chóng loại trung bình và thường có thể chế tạo bằng thép cacbon.

Mỗi chong chóng phải có lý lịch và nhãn hiệu. Theo ΓOCT 8054 - 81 nhãn hiệu bao gồm: nhãn hàng hoá, ký hiệu xuất xưởng, ký hiệu bản vẽ, đường kính, bước, chiều quay, ký hiệu vật liệu, số hiệu mẻ đúc, dấu KCS, dấu giám sát của Đăng kiểm, ký hiệu tiêu chuẩn, ngày xuất xưởng.

Chương 14
CÁC ĐẶC TÍNH ĐỘNG HỌC CỦA CHONG CHÓNG

14.1. CÁC ĐẶC TÍNH ĐỘNG HỌC CỦA CHONG CHÓNG

Sự làm việc của chong chóng trong chất lỏng được xác định bằng hai dạng chuyển động đồng thời và độc lập: chuyển động tịnh tiến dọc trục với tốc độ v_A và chuyển động quay quanh trục đó với tốc độ $\Omega = 2\pi n$, trong đó: n − vòng quay của chong chóng. Nếu như chong chóng quay trong môi trường rắn, tựa như bulông trong đai ốc, thì sau một vòng quay nó dịch theo hướng trục một đoạn bằng bước P của chong chóng. Tuy nhiên trong thực tế khi làm việc trong chất lỏng sau một vòng quay nó dịch theo hướng trục một đoạn nhỏ hơn P. Như vậy chất lỏng đã nhận về mình một lượng tốc độ nào đó, được gọi là tốc độ cảm ứng. Tốc độ này làm tăng tốc dòng nước sau chong chóng, xoắn dòng và làm giảm mặt cắt ngang của dòng. Chúng có thể được mô tả bằng ba thành phần tốc độ cảm ứng: hướng trục ω_x, hướng tiếp tuyến ω_θ, hướng bán kính ω_r.

Khoảng cách hướng trục mà chong chóng đã thực hiện sau một vòng quay gọi là bước tiến tuyệt đối h_P của chong chóng. Bước tiến này có liên quan với thời gian T = 1/n và tốc độ v_A theo công thức $h_P = v_A T = v_A/n$. Khi sử dụng khái niệm bước tiến tương đối của chong chóng J, là tỷ số giữa bước tiến tuyệt đối với đường kính của chong chóng, ta có:

$$J = h_P/D = v_A/(nD)$$

Đại lượng này là đặc tính động học không thứ nguyên cơ bản của chong chóng, nó nêu lên các chế độ làm việc của chong chóng trong chất lỏng.

Hướng của tổng tốc độ dòng chảy bao các phần tử của cánh chong chóng không bị cảm ứng $v_{-\infty}$ được xác định theo công thức sau:

$$tg\beta = v_A/(\Omega r) = I/(\pi \bar{r}) \quad (14.1.1)$$

trong đó: $\bar{r}$ = r/R.

Công thức (14.1.1) được mô tả bằng sơ đồ tốc độ của các phần tử cánh hình 3.1, trên đó ngoài tốc độ dòng không bị cảm ứng, còn trình bày cả các tốc độ cảm ứng ω_x và ω_θ.

Hiệu P - h_P gọi là độ trượt của chong chóng. Nó chứng tỏ một điều là khi dịch chuyển trong chất lỏng chong chóng bị tụt lại một ít so với bulông dịch chuyển trong môi trường rắn. Độ trượt đó được biểu thị bằng các đặc trưng của bước:

$$s = (P - h_P)/P = 1- (h_P/P) \quad (14.1.2)$$

và gọi là độ trượt tương đối.

Các trị số của s và J có liên quan với nhau qua hệ thức:

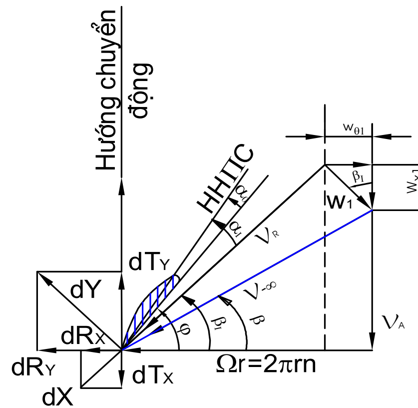
$$s = 1 - \frac{h_P/P}{P/D} = 1 - \frac{J}{P/D} \quad \text{và } J = \frac{P}{D}(1 - s) \quad (14.1.3)$$

Có thể nói rằng ở chế độ buộc khi $v_A = 0$, bước tiến tương đối J = 0 và độ trượt tương đối s = 1.

14.2. CÁC ĐẶC TÍNH ĐỘNG LỰC CỦA CHONG CHÓNG

Các lực tác dụng lên chong chóng, trong đó có lực đẩy và mômen xoắn, có thể xác định bằng cách cộng tất cả các lực tác dụng lên từng phần tử, mà các phần tử là các mặt cắt của cánh bằng các hình trụ đồng trục với chong chóng. Phương pháp tính dựa vào nguyên lý trên có tên là lý thuyết cánh của chong chóng.

Ta trở lại sơ đồ tốc độ của phần tử cánh (Xem H14.1). Ta cho phần tử cánh cố định và chất lỏng từ xa chảy bao nó với tốc độ $v_{-\infty}$ Hướng của tốc độ cảm ứng hướng trục ω_x trùng với tốc độ v_A, còn tốc độ cảm ứng hướng tiếp tuyến ω_θ ngược chiều với thành phần tiếp tuyến của dòng chảy Ωr. Thành phần tốc độ cảm ứng hướng bán kính ω_r không xét đến trong lý thuyết cánh.



Hình 14.1. ***Sơ đồ tốc độ và lực tác dụng lên phần tử cánh chong chóng.***

Vì ω_x và ω_θ đều thay đổi dọc theo trục chong chóng, nên tại mặt đĩa ta kí hiệu các tốc độ đó là ω_{x1} và $\omega_{\theta1}$. Ta giả thiết rằng tổng hình học v_R của tốc độ hướng trục và quay (có xét cả ω_{x1} và $\omega_{\theta1}$) là tốc độ nêu lên mối quan hệ giữa dòng chảy với phần tử cánh.

Lúc bấy giờ hướng của tốc độ đó được xác định qua góc β_I, có tang được xác định theo công thức sau:

$$tg\beta_I = (v_A + \omega_{x1}) + (\Omega r - \omega_{\theta1}) \qquad (14.2.1)$$

Ta gọi đại lượng $\pi\bar{r}tg\beta_I = \lambda_I$ – bước tiến cảm ứng của chong chóng, còn β_I – góc tiến cảm ứng. Ta giả thiết rằng: lực tác dụng lên phần tử cánh đang xét với độ dang lớn và hữu hạn ở những góc tới như nhau thì hình dáng prôphin hoàn toàn giống nhau. Các đặc tính thuỷ động lực của phần tử cánh được xác dịnh bằng hệ số không thứ nguyên của lực nâng và lực cản:

$$C_Y = 2.dY/(\rho.v_R^2.b.dr)\ ;\ C_X = 2.dX/(\rho.v_R^2.b.dr) \qquad (14.2.2)$$

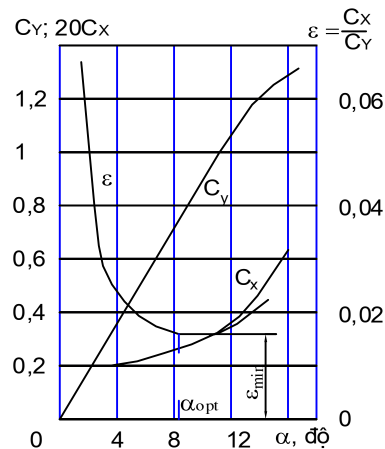
trong đó: bdr và v_R – tương ứng là diện tích phần tử cánh và tốc độ dòng bao nó. dY và dX – lực nâng và lực cản hình dáng.

Các hệ số không thứ nguyên C_Y và C_x là hàm của góc tới. Hướng của dòng chảy mà theo nó hệ số C_Y bằng không gọi là hướng không lực nâng. Góc lực nâng không α_0, là góc tạo bởi giữa hướng của không lực nâng và dây cung của prôphin tiết diện. Để thuận tiện góc tới phải tính từ hướng không lực nâng. Trong trường hợp này góc giữa véctơ tốc độ dòng bao và hướng không lực nâng gọi là góc tới thuỷ động lực α_I.

Đôi khi người ta dùng góc tới của prôphin tiết diện cánh α giữa hướng tốc độ v_R và dây cung làm góc tới thuỷ động lực α_I. Mối quan hệ giữa góc tới thuỷ động lực và góc tới của prôphin tiết diện cánh được thể hiện qua công thức: $\alpha_I = \alpha + \alpha_0$

Sự phụ thuộc giữa các hệ số thuỷ động lực vào góc α_I được mô tả trên hình 14.2.

Trên hình này cũng thể hiện hệ số chất lượng ngược của phần tử cánh $\varepsilon = dX/dY = C_X/C_Y$.Trên hình 14.2 ta thấy đường cong $C_Y = f(\alpha_I)$ là một đường thẳng trong giới hạn rộng của góc tới và chỉ ở những góc tới lớn α_I - được gọi là góc tới tới hạn $C_Y = (\alpha_I)$ mới chuyển sang đường cong.



*Hình 14.2. **Các đặc tính động lực của prôphin cánh.***

Thông thường các phần tử cánh chong chóng đều làm việc ở những góc tới nhỏ hơn góc tới tới hạn. Trong trường hợp này nghiệm của bài toán về prôphin mỏng trong chất lỏng lý tưởng là:

$$C_{YI} = \left(dC_Y / d\alpha\right)_I \alpha_I \approx 2\pi\alpha_I \quad (14.2.3)$$

Khi dòng bao prôphin có chiều dày bất kỳ bằng chất lỏng nhớt:

$$\frac{dC_Y}{d\alpha} < \left(\frac{dC_Y}{d\alpha}\right)_I; \qquad \alpha \neq \alpha_{0I} \quad (14.2.4)$$

Dùng các hệ số điều chỉnh μ và ν để xét ảnh hưởng chiều day prôphin và độ nhớt chất lỏng đối với gradien lực nâng $(dC_Y/d\alpha)_I$ và góc lực nâng không tương ứng có thể viết:

$$C_Y = 2\pi\mu\,(\alpha + 2\nu\delta_C) \quad (14.2.5)$$

trong đó: δ_C - độ võng tương đối của đường giữa mặt cắt.

Trong chất lỏng không nhớt, đối với những prôphin thường được dùng để chế tạo chong chóng

$$\mu_I = 1 + 0{,}87\delta\,; \quad \nu_I = 1{,}015 \quad (14.2.6)$$

trong đó: δ - chiều dày tương đối của prôphin.

Đối với prôphin thuộc dạng đã biết thì chất lượng ngược ε phụ thuộc vào góc tới. Trong giới hạn của những góc tới cho dòng bao không bị vấp khi mà tải trọng phân bố theo dây cung prôphin tương đối đồng đều và mép đạp không có điểm nhọn thì hàm $\varepsilon(\alpha_I)$ có giá trị nhỏ nhất, nghĩa là dòng bao không bị vấp và góc tới tương ứng với α_{opt} - gọi là tối ưu.

Góc tới tối ưu và độ võng tương ứng của đường giữa mặt cắt ứng với chế độ dòng bao không bị vấp phụ thuộc vào hình dáng của prôphin, ví dụ trong chất lỏng lý tưởng được biểu thị bằng công thức lý thuyết sau đây:

$$\alpha = 0 ; \quad \delta_C = 0{,}05515C_Y \qquad (14.2.7)$$

đối với prôphin có sự phân bố đều tải trọng theo dây cung (kiểu NACA, a = 1) hoặc

$$\alpha = 0{,}0269C_Y \quad ; \delta_C = 0{,}05515C_Y \qquad (14.2.8)$$

đối với prôphin có sự phân bố đều tải trọng ở 80% dây cung (kiểu NACA, a = 0,8).

Do tầm quan trọng của chế độ không vấp nói trên các đặc tính thuỷ động lực của prôphin kiểu này được nghiên cứu khá tỷ mỷ. Đặc biệt đối với prôphin có sự phân bố tải trọng kiểu NACA, a = 0,8 và sự phân bố chiều dày kiểu NACA - 66 dựa theo tính toán có hệ thống của B. G. Miskêvích đã nhận được các công thức sau đây:

$$\left.\begin{aligned} &\mu = (1 - 0{,}87\delta)\left[1 - \exp\left(-0{,}0691 + 12{,}46\delta - 0{,}1855\ln R_{e_S}\right)\right]; \\ &\nu = 1{,}015\left[1 + \frac{\delta(\delta - 0{,}05)}{\left(0{,}04664\ln R_{e_S} - 0{,}4378\right)^2}\right]; \\ &\varepsilon = \frac{0{,}05808(1 + 2{,}3\delta)}{C_Y R_{e_S}^{\ 0{,}1458}} \end{aligned}\right\} \qquad (14.2.9)$$

trong đó: $R_{l_S} = v_R b/\nu$ – số Reynolds.

Các công thức trên không những đúng cho chế độ góc tới không vấp mà cả trong giới hạn của các góc tới gần với chế độ đó khi $R_{1_s} \geq 10^5$; $0 \leq \delta \leq 1{,}0$; $0 \leq \delta_C \leq 0{,}03$; $0{,}1 \leq C_Y \leq 0{,}3$.

Bây giờ ta tiếp tục xét phần tử cánh độ dài dr giống như phần tử cánh máy bay, trong đó ta lấy dây cung b bằng chiều rộng duỗi phẳng của phần tử tại bán kính đang xét. Tổng tốc độ v_R được xác định bằng công thức (xem hình 14.1).

$$v_R = \sqrt{(v_A + \omega_{x1})^2 + (\Omega r - \omega_{\theta 1})^2} \qquad (14.2.10)$$

tạo với hướng không lực nâng góc tới thuỷ động lực:

$$\alpha_I = \varphi + \alpha_0 - \beta_I \qquad (14.2.11)$$

Trên phần tử này xuất hiện lực nâng dY và lực cản hình dáng dX. Chiếu các lực này lên phương trục chong chóng ta nhận được lực đẩy do phần tử cánh tạo nên:

$$dT = dT_Y - dT_X = dY\cos\beta_I - dX\sin\beta_I = dY\cos\beta_I\,(1 - \varepsilon tg\beta_I) \qquad (14.2.12)$$

Chiếu dY và dX lên phương tiếp tuyến và nhân với bán kính ta nhận được mômen của lực tiếp tuyến đối với trục quay chong chóng mà động cơ phải thắng lại:

$$dQ = r(dR_Y + dR_X) = r(dY\sin\beta_I + dX\cos = rdY\sin\beta_I\,(1 + \varepsilon cotg\beta_I) \qquad (14.2.13)$$

Từ các công thức trên ta thấy rằng: lực đẩy của phần tử cánh được tạo nên bởi lực nâng và lực cản hình dáng. Lực cản hình dáng làm giảm lực đẩy và làm tăng mômen cản quay của chong chóng.

Biểu diễn lực đẩy và mômen của phần tử cánh bằng các hệ số lực ta có:

$$dT = 0{,}5\rho\, C_Y\, b\, v_R^{\,2}\cos\beta_I\,(1 - \varepsilon tg\beta_I)\, dr \qquad (14.2.14)$$

$$dQ = 0{,}5\rho\, C_Y\, b\, v_R^{\,2}\sin\beta_I\,(1 + \varepsilon cotg\beta_I)\, dr \qquad (14.2.15)$$

Để tính lực đẩy và mômen của cả chong chóng cần phải tích phân biểu thức (14.2.14) và (14.2.15) trong giới hạn chiều dài cánh theo hướng bán kính và nhân với số lượng cánh:

$$T = Z\int_{r_H}^{R} 0{,}5\rho C_Y b v_R^{\,2}\cos\beta_I(1 - \varepsilon tg\beta_I)dr \qquad (14.2.16)$$

$$Q = Z\int_{r_H}^{R} 0{,}5\rho C_Y b v_R^{\,2} \sin\beta_I \left(1 + \varepsilon \cot g\beta_I\right) dr \qquad (14.2.17)$$

Nếu chuyển các biểu thức từ dạng tích phân sang dạng không thứ nguyên, ta có:

$$K_T = \frac{T}{\rho n^2 D^4} = \frac{Z}{4}\int_{\bar{r}_H}^{1} C_Y \left(\frac{b}{D}\right)\left(\frac{v_R}{nD}\right)^2 \cos\beta_I \left(1 - \varepsilon tg\beta_I\right) d\bar{r} \qquad (14.2.18)$$

$$K_Q = \frac{Q}{\rho n^2 D^5} = \frac{Z}{8}\int_{\bar{r}_H}^{1} C_Y \left(\frac{b}{D}\right)\left(\frac{v_R}{nD}\right)^2 \sin\beta_I \left(1 + \varepsilon \cot g\beta_I\right) \bar{r} d\bar{r} \qquad (14.2.19)$$

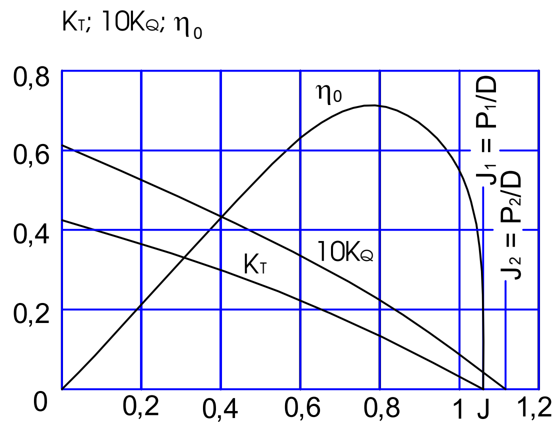
Các đại lượng K_T và K_Q - gọi là hệ số lực đẩy và hệ số mômen của chong chóng.

Công suất P_D cần để quay chong chóng có thể tính theo công thức sau:

$$P_D = Q\Omega = 2\pi K_Q \rho n^3 D^5 \qquad (14.2.20)$$

Hiệu suất làm việc của chong chóng trong nước tự do là tỷ số giữa công suất có ích $T.v_A$ với công suất phải bỏ ra P_D để quay nó được xác định theo (14.2.18), (14.2.19) và (14.2.20):

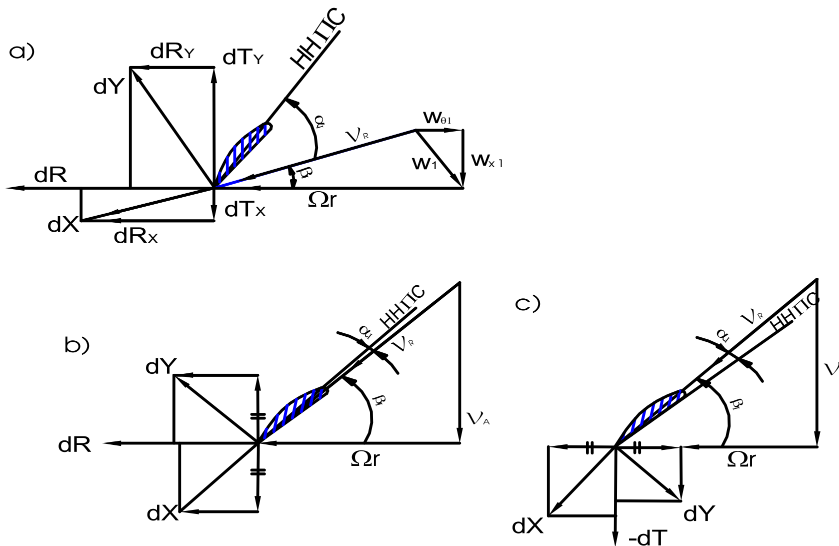
$$\eta_0 = \frac{Tv_A}{P_D} = \frac{K_T}{K_Q}.\frac{J}{2\pi} \qquad (14.2.21)$$



Hình 14.3. ***Đường làm việc của chong chóng.***

Các đặc tính thuỷ động lực không thứ nguyên K_T, K_Q và η_0 được biểu diễn theo bước tiến tương đối J - gọi là đường cong làm việc của chong chóng (hình 3.3). Nhờ các đường cong này ta có thể xác định được lực đẩy và mômen của chong chóng ở các chế độ làm việc khác nhau.

Khi chong chóng làm việc sẽ xẩy ra một loạt các chế độ làm việc khác nhau. Khi không chuyển động tịnh tiến (chế độ buộc) bước tiến tương đối J = 0 và các hệ số K_T, K_Q có trị số lớn nhất do các góc tới có trị số lớn nhất (Xem H14.4). Như vậy hiệu suất làm việc bằng không vì không chuyển động dọc trục nên chong chóng không sản ra công có ích. Càng tăng J thì các góc tiến cảm ứng β_I càng tăng, dẫn đến giảm các góc tới của các phần tử cánh, và đương nhiên làm giảm cả các lực tác dụng lên các phần tử đó. Các hệ số K_T và K_Q giảm xuống và ở một trị số J_1 nào đó K_T sẽ bằng không (Xem H14.3). Chế độ ứng với nó gọi là chế độ không lực đẩy còn hệ số K_Q vẫn giữ nguyên giá trị dương, nghĩa là T = 0, Q ≠ 0, hiệu suất làm việc ở chế độ này cũng bằng không.



Hình 14.4. ***Các chế độ làm việc của phần tử cánh***
a. chế độ buộc
b. chế độ không lực đẩy
c. chế độ không mômen

Chế độ không lực đẩy dành cho phần tử cánh thoả mãn điều kiện:

$$dT = dY\cos\beta_I - dX\sin\beta_I = 0\ ; \quad tg\beta_I = 1/\varepsilon \qquad (14.2.22)$$

như vậy, ở chế độ này sau một vòng quay, chong chóng sẽ thực hiện một bước P_1 - gọi là bước không lực đẩy. Trị số $J_1 = P_1/D$ -bước tiến tương đối không lực đẩy hoặc tỷ số bước thuỷ động lực. Về nguyên tắc $P_1/D > P/D$.

Khi tiếp tục tăng bước tiến tương đối ($J > J_1$) sẽ xẩy ra chế độ, khi góc tới của phần tử cánh tại bán kính đang xét $\alpha_I = 0$ và lực nâng trên phần tử này không xuất hiện. Bước tiến tương đối J_0 và tỷ số bước P_0/D ứng với chế độ này được gọi là bước tiến tương đối và tỷ số bước không lực nâng.

Tiếp tục tăng J tới J_2 tương ứng với hệ số mômen $K_Q = 0$. Lúc này hệ số lực đẩy K_T và góc tới α_I có giá trị âm (Xem H14.3). Chong chóng làm việc ở chế độ không mômen. Chế độ không mômen dành cho phần tử cánh thoả mãn điều kiện:

$$0 = |dY|\sin\beta_I - |dX|\cos\beta_I = 0\ ; \quad tg\beta_I = |\varepsilon| \qquad (14.2.23)$$

Tỷ số P_2/D ứng với chế độ không mômen gọi là tỷ số bước không mômen, $P_2/D > P_1/D > P/D$. Càng tăng bước tiến tương đối ($J > J_2$) hệ số K_Q sẽ âm, nghĩa là chong chóng quay theo tác dụng của dòng chảy, tạo ra mômen hướng về phía chiều quay của chong chóng.

Phân tích đường cong làm việc của chong chóng ta có thể khẳng định rằng: trong giới hạn của bước tiến tương đối $0 \le J \le J_1$ chong chóng tạo ra lực đẩy dương và làm việc mang tính chất của thiết bị đẩy tàu. Hay nói cách khác chong chóng tàu thuỷ được thiết kế ở chế độ làm việc $0 \le J \le J_1$.

Khi $J > J_2$ - chong chóng tạo ra mômen quay và làm việc như tuốcbin. Trong giới hạn $J_1 < J < J_2$ chong chóng không thể dùng làm thiết bị đẩy cũng như làm tuốcbin. Độ dài của giới hạn này phụ thuộc vào chất lượng ngược ε và càng kéo dài khi tăng ε.

Khi không có tổn thất nhớt các điểm dY = 0, dT = 0, dQ = 0 đều trùng nhau cho từng mặt cắt.

Chương 15
LÝ THUYẾT TỔNG QUÁT VỀ CHONG CHÓNG LÝ TƯỞNG VÀ THIẾT BỊ ĐẨY LÝ TƯỞNG

15.1. NHỮNG NHẬN ĐỊNH BAN ĐẦU

Việc tính toán các đặc tính thuỷ động lực của chong chóng theo các công thức của chương III cần phải xác định trước các góc tiến cảm ứng β_1 và góc tới cảm ứng α_I, mà khi xác định chúng lại phải biết các tốc độ cảm ứng. Để xác định các tốc độ này trước hết phải xây dựng được mô hình toán học của chong chóng để liên kết các tốc độ cảm ứng với các đặc tính thuỷ động lực. Dựa theo lý thuyết dòng chảy ta có thể xây dựng được mô hình toán học đơn giản nhất.

Khi thiết bị đẩy có kết cấu bất kỳ làm việc độc lập sẽ tạo ra dòng nước hướng về phía ngược chiều với chiều chuyển động tịnh tiến của nó. Tuy nhiên trong các điều kiện lý tưởng thì động năng của khối chất lỏng làm tăng liên tục vận tốc của dòng chất lỏng trong vết thuỷ động. Khi nghiên cứu thiết bị đẩy làm việc trong chất lỏng không nhớt cần phải giả thiết rằng vết đó kéo dài tới vô tận. Theo cách lập sơ đồ này người ta thấy rằng lực kéo T_E của thiết bị đẩy chính bằng sự biến đổi động lượng của khối chất lỏng trong vết sau một đơn vị thời gian, còn lượng tổn thất công suất ΔP_D chính bằng lượng tăng động năng của khối chất lỏng trong vết sau một đơn vị thời gian.

Như vậy việc tạo ra lực đẩy bởi thiết bị đẩy luôn luôn liên quan đến sự hình thành vết thuỷ động mà phải tiêu tốn công suất để tạo thành nó.

Tổng công suất truyền vào thiết bị đẩy P_D bằng tổng công suất có ích do thiết bị đẩy tạo ra $T_E v_A$ và tổn thất công suất ΔP_D nói trên.

Hiệu suất làm việc của thiết bị đẩy được biểu thị bằng công thức sau:

$$\eta_I = \frac{T_E v_A}{P_D} = \frac{T_E v_A}{T_E v_A + \Delta P_D} = \frac{1}{1 + \Delta P_D / (T_E v_A)} \qquad (15.1.1)$$

Nếu thiết bị đẩy không làm việc độc lập thì lực kéo nói trên gồm có lực đẩy tác dụng lên thiết bị đẩy T và các lực tác dụng lên tất cả các vật còn lại nằm trong chất lỏng.

Trong chương này ta chỉ xét thiết bị đẩy làm việc độc lập, khi mà trong chất lỏng không có các vật thể và các lực tương ứng, chỉ có lực kéo bằng lực đẩy:

$$T_E = T \qquad (15.1.2)$$

Căn cứ vào các giả thuyết được dùng trong lý thuyết dòng chảy ta phân ra hai mô hình toán học, đó là chong chóng lý tưởng và thiết bị đẩy lý tưởng. Chong chóng lý tưởng là mô hình toán học của chong chóng để ý đến các tổn thất công suất chỉ liên quan đến sự xuất hiện các thành phần hướng trục và tiếp tuyến của tốc độ cảm ứng. Nếu không để ý đến thành phần tiếp tuyến của tốc độ cảm ứng thì ta được mô hình toán học đơn giản hơn gọi là thiết bị đẩy lý tưởng. Mô hình này tiện cho việc nghiên cứu không những cho thiết bị đẩy là chong chóng mà còn cho các thiết bị đẩy khác. Nếu trong mô hình toán học đang xét ta cho các tốc độ cảm ứng là bé so với tốc độ tịnh tiến của thiết bị đẩy v_A thì mô hình đó gọi là mô hình của thiết bị đẩy tải trọng thấp. Nếu không có một giả thuyết nào về độ bé của tốc độ cảm ứng thì mô hình đó gọi là

mô hình thiết bị đẩy tải trọng lớn. Nó được sử dụng trong mọi giới hạn làm việc của thiết bị đẩy từ chế độ buộc đến chế độ không lực đẩy.

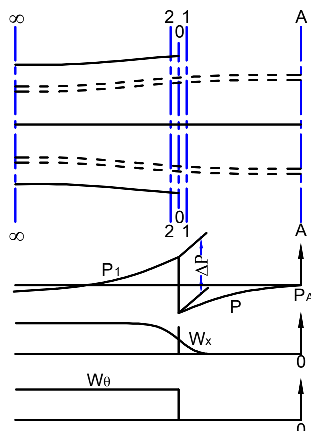
15.2. CHONG CHÓNG LÝ TƯỞNG TẢI TRỌNG THẤP

Mô hình lý tưởng của chong chóng lý tưởng làm việc độc lập xét trong mục này cho phép xác định được hiệu suất làm việc, các thành phần hướng trục và tiếp tuyến của tốc độ cảm ứng tại mặt đĩa của chong chóng. Các yếu tố đã cho là lực đẩy T, đường kính D, tốc độ quay Ω, tốc độ tiến v_A và mật độ ρ của chất lỏng. Dựa vào mô hình toán học đã nói ta giả thiết rằng thiết bị đẩy làm việc trong chất lỏng không nhớt, vô hạn, không trọng lượng và không chịu nén, dòng chảy phát sinh là dòng có thế khắp nơi bên ngoài vết thuỷ động và tại đĩa thiết bị đẩy. Bởi lẽ trong mô hình này người ta không chú ý đến số lượng cánh và định hình trục nên thiết bị đẩy được coi là đĩa tròn mỏng và phẳng với bán kính R. Ta gắn vào tâm đĩa hệ toạ độ hình trụ E*(0, x*, r, θ), trục x*vuông góc với mặt phẳng đĩa và có chiều hướng về phía ngược chiều với chiều chuyển động tiến của thiết bị đẩy. Mặc dù ta xét chong chóng đang quay nhưng để tiện khảo sát vẫn phải coi hệ toạ độ E* là không quay xung quanh trục x*, mà chỉ cùng với đĩa chuyển động tịnh tiến theo hướng trục đó với tốc độ v_A. Lúc bấy giờ véc tơ tốc độ cảm ứng $\vec{\omega}$ tại một điểm bất kỳ trong không gian liên quan tới véctơ tốc độ dịch chuyển $v_A \vec{i}_x$ và véc tơ tốc độ tương đối $\vec{v}_R$ bằng công thức quen thuộc:

$$\vec{\omega} = \vec{v}_R - v_A \vec{i}_x \qquad (15.2.1)$$

trong đó: $\vec{i}_x$ - vectơ đơn vị của hệ toạ độ E*.

Tốc độ tuyệt đối là tốc độ của hạt lỏng được đo trong hệ toạ độ tuyệt đối, nghĩa là trong hệ toạ độ mà đối với nó hạt lỏng không bị kích thích, nằm rất xa phía trước thiết bị đẩy. Từ đó rút ra một tiền đề quan trọng của lý thuyết đang xét là: Môđun của véctơ tốc độ cảm ứng ở xa đĩa thiết bị đẩy và bên ngoài vết thuỷ động sinh ra sau đĩa và kéo dài theo trục x* tới vô tận. Trong hệ toạ độ E* nói trên ta giả thiết rằng chất lỏng chuyển động dừng, nghĩa là tốc độ cảm ứng không phụ thuộc vào thời gian. Vết thuỷ động chỉ gồm những hạt lỏng chảy qua đĩa thiết bị đẩy, vì vậy nó là vùng đối xứng trục, bán vô tận và đồng trục với trục chong chóng. Vùng này bị hạn chế bởi thiết bị đẩy (Xem H15) và bề mặt dòng chảy, nghĩa là bề mặt của chất lỏng không lọt qua nó ra ngoài, vì véc tơ của tốc độ tương đối tiếp tuyến với mặt đó ở mọi điểm. Trường tốc độ và áp suất là liên tục trong toàn bộ không gian, trừ đĩa và các biên của vết thuỷ động. Tại đĩa xẩy ra hiện tượng nhẩy bậc của thành phần tiếp tuyến của tốc độ cảm ứng và nhẩy bậc áp suất ΔP, còn thành phần hướng trục của tốc độ cảm ứng khi chuyển qua đĩa vẫn liên tục. Trên biên của vết xuất hiện bước nhẩy thành phần tiếp tuyến và hướng trục của tốc độ cảm ứng, còn áp suất không có bước nhẩy. Vì ta đang xét trường hợp chong chóng lý tưởng tải trọng thấp nên giả thiết rằng các thành phần hướng trục, tiếp tuyến và hướng bán kính của tốc độ cảm ứng đều bé bậc nhất so với v_A.



Hình 15. ***Sơ đồ chuyển động của chất lỏng đối với chong chóng lý tưởng.***

– – – – ống dòng cơ bản; p– áp suất; Δp– lượng tăng áp suất tại đĩa thiết bị đẩy; ω_x, ω_θ – thành phần hướng trục và tiếp tuyến của tốc độ cảm ứng

Việc nghiên cứu sự làm việc của chong chóng lý tưởng nên bắt đầu từ việc xét sự làm việc của phần tử vành khăn, được giới hạn trong mặt đĩa thiết bị đẩy bởi hai vòng tròn đồng tâm bán kính r và (r + dr). Sau một đơn vị thời gian khối lượng chất lỏng chảy qua phần tử vành khăn đó là dm, do quỹ đạo của các hạt lỏng và đường dòng trùng nhau, nên chất lỏng không thấm qua biên của ống dòng vành khăn (Xem H15). Để phân tích tiếp ta dùng các mặt cắt bằng các mặt phẳng vuông góc với trục của thiết bị đẩy (Xem H15) và định các ký hiệu sau đây: P_A, v_A- áp suất và tốc độ tương đối hướng trục x* tại mặt cắt A - A rất xa trước đĩa thiết bị đẩy; ω_{x0}, $\omega_{\theta0}$- thành phần hướng trục và tiếp tuyến của tốc độ cảm ứng cho các điểm của mặt cắt 0 - 0 trùng với mặt đĩa thiết bị đẩy; $\omega_{\theta1}$, $\omega_{\theta2}$, P_1, P_2 - thành phần tiếp tuyến của tốc độ cảm ứng và áp suất cho các điểm của mặt cắt 1-1 và 2-2 nằm sát trước và sát sau mặt đĩa; P_∞, $\omega_{x\infty}$, $\omega_{\theta\infty}$ - áp suất và các thành phần hướng trục, tiếp tuyến của tốc độ cảm ứng cho các điểm thuộc mặt cắt ∞ - ∞ nằm rất xa sau đĩa; dA, dA_0, dA_∞ - diện tích mặt cắt ngang của ống dòng vành khăn ở rất xa trước đĩa, tại đĩa và rất xa sau đĩa. Do dòng chảy đối xứng trục nên tất cả các đại lượng này chỉ phụ thuộc vào vị trí của ống dòng đang xét, mà ở mặt cắt 0 - 0 nó đặc trưng bằng đại lượng r và ở mặt cắt ∞ - ∞ nó đặc trưng bằng đại lượng r_∞. Theo giả thiết nói trên áp suất ở các mặt cắt ∞ - ∞ bên ngoài vết bằng P_A, nghĩa là $P_\infty = P_A$.

Theo nguyên lý bảo toàn khối lượng, nên qua các mặt cắt của ống dòng vành khăn sau một đơn vị thời gian cùng một khối lượng chất lỏng dm, nghĩa là:

$$dm = \rho\,(v_A + \omega_{x0})\,dA_0 = \rho\,(v_A + \omega_{x\infty})\,dA_\infty = \rho\, v_A dA \qquad (15.2.2)$$

Đối với chong chóng lý tưởng tải trọng thấp, khi tốc độ cảm ứng bé bậc nhất, như đã thấy từ công thức trên, gần đúng bậc nhất $dA_0 \approx dA_\infty$, nghĩa là mỗi ống dòng vành khăn cũng như vết nói chung là những bề mặt hình trụ và trong gần đúng bậc nhất nó thoả mãn:

$$r_\infty = r \qquad (15.2.3)$$

Do biến đổi công suất nên tại đĩa thiết bị đẩy xẩy ra bước nhẩy áp suất $\Delta p = p_2 - p_1$. Lấy bước nhẩy đó nhân với diện tích hình vành khăn dA_0 ta có thể tìm được lực đẩy tác dụng lên phần tử đó:

$$dT = \Delta p\, dA_0 \qquad (15.2.4)$$

Đối với chong chóng lý tưởng toàn bộ công suất truyền vào và để quay nó cần thắng lại mômen của các lực sinh ra trên các cánh của nó. Momen đó về mặt trị số bằng mômen tác dụng lên chất lỏng nhưng khác dấu. Vì vậy công suất dP_D truyền vào phần tử vành khăn phải bằng tích của mômen quay dQ tác dụng lên chất lỏng chảy qua

phần tử đó và tốc độ góc quay của chong chóng Ω ($\Omega = 2\pi n$) để tạo thành công, và như vậy;

$$dP_D = \Omega \, dQ \qquad (15.2.5)$$

Chú ý tới tính đối xứng trục và tính có thể của dòng chảy bên ngoài vết thuỷ động ta có thể khẳng định rằng: trước đĩa thiết bị đẩy thành phần tiếp tuyến của tốc độ cảm ứng bằng không, nghĩa là $\omega_{\theta 1} = 0$. Tại đĩa do tác dụng của dQ nên xẩy ra bước nhẩy của thành phần tiếp tuyến của tốc độ cảm ứng, nghĩa là dòng bị xoắn về phía chiều quay của chong chóng. Như vậy, tại mặt cắt 2 - 2 ngay sau đĩa thành phần tiếp tuyến của tốc độ cảm ứng $\omega_{\theta 2}$ không bằng không. Theo định luật bảo toàn động lượng mômen dQ được xác định như sau:

$$dQ = r \, \omega_{\theta 2} \, dm \qquad (15.2.6)$$

Để xác định công suất dP_D truyền vào phần tử vành khăn ta nhận thấy rằng công suất này dùng để tăng thêm động năng và thế năng của chất lỏng khi chảy qua đĩa. Rõ ràng sau một đơn vị thời gian qua mặt cắt 1 - 1 ngay trước đĩa, ống dòng được cung cấp nguồn động năng bằng $0{,}5\,[(v_A + \omega_{x1})^2 - \omega_{r1}^2]$ dm và thế năng bằng $p_1 dm/\rho$. Qua mặt cắt 2 - 2 ngay sau đĩa, sau một đơn vị thời gian từ thể tích đang xét động năng phải bỏ ra một lượng bằng $0{,}5\,[(v_A + \omega_{x2})^2 + \omega_{\theta 2}^2 + \omega_{r2}^2]$ dm và thế năng bằng $p_2 dm/\rho$. Chất lỏng không thấm qua các bề mặt bên của ống dòng, nên việc trao đổi năng lượng không xẩy ra. Lúc bấy giờ ta nhận thấy rằng $\Delta p = p_2 - p_1$ và tốc độ vẫn liên tục, nghĩa là $\omega_{x1} = \omega_{x2} = \omega_{x0}$ và $\omega_{r1} = \omega_{r2} = \omega_{r0}$ ta có thể nhận được:

$$dP_D = (0{,}5\,\omega_{\theta 2}^2 + \Delta p/\rho)\, dm \qquad (15.2.7)$$

Thế (15.2.7) và (15.2.6) vào (15.2.5) ta dễ dàng nhận được bước nhẩy áp suất và bước nhẩy thành phần tiếp tuyến của tốc độ cảm ứng tại đĩa:

$$\Delta p = \rho \, \omega_{\theta 2} \, (\Omega r - 0{,}5\,\omega_{\theta 2}) \qquad (15.2.8)$$

hoặc gần đúng bậc nhất:

$$\Delta p = \rho \, r \, \Omega \, \omega_{\theta 2} \qquad (15.2.9)$$

Vì trong vết sau đĩa của thiết bị đẩy làm việc độc lập không có vật thể nào và dĩ nhiên cũng không có sự tương tác lực với chất lỏng, nên theo định luật bảo toàn mômen động lượng, mômen đó vẫn không đổi trong vết từ mặt cắt 2 - 2 tới mặt cắt ∞ - ∞, nghĩa là:

$$r \, \omega_{\theta 2} \, dm = r_\infty \, \omega_{\theta\infty} \, dm \qquad (15.2.10)$$

Từ đó, khi chú ý tới (15.2.3) cho trường hợp chong chóng lý tưởng tải trọng thấp, gần đúng bậc nhất ta có:

$$\omega_{\theta\infty} = \omega_{\theta 2} \qquad (15.2.11)$$

Trong lý thuyết đang xét ta giả thiết rằng: thành phần tiếp tuyến của tốc độ cảm ứng tại đĩa bằng nửa trị số của nó khi ở mặt cắt 2 - 2 sát sau đĩa, nghĩa là chú ý đến (15.2.11):

$$\omega_{\theta 0} = \omega_{\theta\infty}/2 \qquad (15.2.12)$$

Chương 16
NGHIÊN CỨU CHONG CHÓNG BẰNG THÍ NGHIỆM

16.1. CÁC ĐỊNH LUẬT ĐỒNG DẠNG KHI THÍ NGHIỆM CHONG CHÓNG

Khi nghiên cứu chong chóng người ta áp dụng rộng rãi phương pháp thí nghiệm chong chóng trong các ống thuỷ động. Quá trình nghiên cứu đó cho phép kiểm chứng lại các phương pháp tính toán bằng lý thuyết, từ đó xây dựng được các đường cong làm việc của chong chóng, cũng như xác định ảnh hưởng của các đặc điểm tiêu cực đối với các hệ số thuỷ động lực. Các đợt thử hàng loạt mô hình chong chóng trong nước tự do đều đưa ra số liệu xuất phát để xây dựng các đồ thị, mà nhờ chúng có thể thiết kế được chong chóng và tiến hành tính toán đặc tính di động của tàu.

Các kết quả thử mô hình chỉ có thể đảm bảo khi thoả mãn định luật đồng dạng cơ học toàn diện giữa chong chóng thực và mô hình. Từ các quan điểm chung của lý thuyết đồng dạng cơ học toàn diện giữa đối tượng thực và mô hình chỉ có thể đảm bảo khi chúng đồng dạng hình học, động học và động lực học của các dòng nước bao quanh chong chóng thực và mô hình.

Tính đồng dạng hình học được thoả mãn nếu tất cả các kích thước tương ứng của chong chóng thực và mô hình của nó nằm trong một tỷ lệ cố định được gọi là tỷ lệ. Như vậy, tất cả các đặc tính hình học không thứ nguyên đều phải bằng nhau, các đường bao cánh và prôphin mặt cắt đồng dạng nhau. Yêu cầu tương tự cũng được áp dụng cho các biên của dòng chảy, ví dụ như chiều sâu của chong chóng dưới mặt thoáng.

Đồng dạng động học của dòng chảy bao quanh chong chóng thực và mô hình phải được thỏa mãn ở điều kiện mà tốc độ tại các điểm tương ứng của dòng chảy đó có hướng giống nhau và tỷ số của chúng phải cố định. Để biểu thị tốc độ đặc trưng của chong chóng ta dùng tốc độ tiến v_A và tốc độ quay πnD của mút cánh. Lúc bấy giờ:

$$v_{AH} / n_H D_H = v_{AM} / n_M D_M = \text{const} = J \qquad (16.1.1)$$

Nghĩa là khi chọn các tốc độ đặc trưng thì điều kiện đảm bảo tính đồng dạng động học của các dòng chảy là bước tiến tương đối của chong chóng thực và mô hình khi đã đồng dạng hình học phải bằng nhau $J_H = J_M$. Trong đó: chỉ số H - dành cho đối tượng thực, M - cho mô hình của nó.

Từ điều kiện (16.1.1) cần thấy rằng: sự cân bằng nhau của các bước tiến tương đối sẽ cho sự bằng nhau của các góc tiến trên tất cả các bán kính $\text{tg}\beta = J / \pi \bar{r}$, ($\bar{r} = r / R$), nghĩa là các tốc độ $v_E = \sqrt{v_A^2 + (r\Omega)^2}$ sẽ cùng hướng tại các điểm tương ứng của các dòng chảy.

Đồng dạng động lực học chỉ đảm bảo khi thoả mãn đồng dạng hình học và động học theo định luật đồng dạng Niutơn, nghĩa là tỷ số của các lực tương ứng phải cố định và bằng tỷ lệ tam thừa. Các lực xuất hiện trên các cánh chong chóng phụ thuộc vào các chuẩn đồng dạng sau:

+ Chuẩn đồng dạng Ơle:

$$E_u = \frac{p - p_0}{\rho v^2 / 2} \qquad (16.1.2)$$

+ Chuẩn đồng dạng Frút:

$$Fr = v \big/ \sqrt{gL} \qquad (16.1.3)$$

+ Chuẩn đồng dạng Râynon:

$$Re = v\ L / \gamma \qquad (16.1.4)$$

+ Chuẩn đồng dạng Stru-han:

$$Sh = L / v\ T \qquad (16.1.5)$$

Do tỷ số của các lực là cố định, nên các hệ số không thứ nguyên của các lực sẽ bằng nhau.

Ta nhận thấy rằng: đối với các dong chảy không bị xâm thực thì giữa chong chóng thực và mô hình của nó luôn thoả mãn sự bằng nhau của các trị số Ơle.

Nếu tốc độ đặc trưng của chong chóng là tốc độ tiến $v_{A,}$ thời gian đặc trưng là T - chu kỳ của một vòng quay T = 1/n và kích thước đặc trưng D - đường kính của chong chóng thì trị số Stru-han có thể biểu thị bằng biểu thức sau đây:

$Sh = n\,D / v_A = 1/J$, hoặc $J = 1/Sh$

Nghĩa là sự bằng nhau của các bước tiến tương đối sẽ đảm bảo tính đồng dạng động học của các dòng chảy, vì vậy khi thử chong chóng đồng dạng hình học và động học (không xâm thực) chỉ cần đảm bảo sự bằng nhau của hai chuẩn Frút và Râynon.

Sự bằng nhau của các số Frút nói lên sự bằng nhau của các hệ số áp suất tại các điểm tương ứng của các dòng chảy và có thể coi là sự thoả mãn định luật đồng dạng của Niutơn cho các lực áp suất sinh ra trên cánh chong chóng. Đối với chong chóng làm việc trong chất lỏng lý tưởng vô hạn (không xét đến Fr và Re) thì theo định luật Niutơn tỷ số các lực đẩy của chong chóng thực và mô hình của nó sẽ biểu diễn:

$$\frac{T_{IM}}{T_{IH}} = \frac{K_{TIM}\,\rho n_M^2 D_M{}^4}{K_{TIH}\,\rho n_H^2 D_H{}^4} = M^3 \qquad (16.1.6)$$

trong đó: $M = D_M/D_H$ - tỷ lệ đồng dạng hình học.

Nếu lấy D^2 làm diện tích đặc trưng, tốc độ đặc trưng nD, thì khi chú ý đến tính đồng dạng hình học và động học ta nhận được $K_{TIM} = K_{TIH}$, điều này đúng với kết luận của lý thuyết đồng dạng, đó là sự bằng nhau của các hệ số lực đẩy không thứ nguyên.

Tương tự đối với mômen ta cũng có $K_{QIM} = K_{QIH}$, từ đó: $\eta_{IM} = \eta_{IH}$ khi $J_M = J_{H.}$

Như vậy, sự bằng nhau của các bước tiến tương đối sẽ đảm bảo được sự bằng nhau của các hệ số lực đẩy, hệ số mômen và hiệu suất của chong chóng làm việc trong chất lỏng lý tưởng vô hạn.

Đối với các chong chóng thực cũng phải thoả mãn các chuẩn đồng dạng Fr và Re.

Việc thoả mãn chuẩn đồng dạng Fr khi thử chong chóng cần được đảm bảo cho những trường hợp khi các lực mang bản chất sóng có ý nghĩa quan trọng. Định luật này buộc phải được thoả mãn khi chiều chìm của trục chong chóng h_0 dưới mặt thoáng là bé, và không đảm bảo khi $h_0 \geq D$. Sự đồng dạng của các lực mang bản chất sóng sẽ được đảm bảo khi số Fr của chong chóng thực và mô hình của nó bằng nhau:

$$v_M \big/ \sqrt{gL_M} = v_H \big/ \sqrt{gL_H} \qquad (16.1.7)$$

Đối với chong chóng lấy $v = v_A$ và L = D ta nhận được:

$$v_{AM} \big/ \sqrt{gD_M} = v_{AH} \big/ \sqrt{gD_H} \qquad (16.1.8)$$

Từ đó:

$$v_{AM} = v_{AH}\sqrt{D_M / D_H} = v_{AH}\sqrt{M} \qquad (16.1.9)$$

Đẳng thức này thỏa mãn điều kiện đồng dạng động học cho những tốc độ tương ứng và cho phép tìm được tốc độ v_A khi thử mô hình.

Nếu lấy tốc độ quay của đỉnh cánh πnD làm tốc độ đặc trưng chính thì từ (5.7) ta tìm được:

$$\frac{\pi n_M D_M}{\sqrt{gD_M}} = \frac{\pi n_H D_H}{\sqrt{gD_H}} \qquad (16.1.10)$$

Công thức này cho phép tìm được tỷ số sau đây để tính vòng quay:

$$n_M = n_H \sqrt{D_H / D_M} = n_H / \sqrt{M} \qquad (16.1.11)$$

Ta thấy rằng: đối với chong chóng, dựa theo (16.1.7) và (16.1.10) ta có thể tính được số Fr theo một trong các công thức sau:

$$Fr = v_A / \sqrt{gD} \quad \text{hoặc: } Fr = \left(\pi / \sqrt{g}\right) n\sqrt{D} \approx n\sqrt{D} \qquad (16.1.12)$$

Các lực mang bản chất nhớt tác dụng lên bề mặt cánh chong chóng phải thoả mãn chuẩn đồng dạng Râynon. Đối với chong chóng số Re có thể viết:

$$\mathrm{Re} = v_r l_r / \gamma \qquad (16.1.13)$$

Trong đó: v_r, l_r - các trị số đặc trưng cho tốc độ và kích thước của cánh ở bán kính đã chọn r; còn γ - độ nhớt động học. Bình thường người ta lấy tốc độ πnD làm tốc độ đặc trưng, chiều rộng trung bình của cánh b_{tb} làm kích thước đặc trưng. Lúc bấy giờ số Re có thể viết:

$$\mathrm{Re} = (\pi n D^2 / \nu)(b_{tb} / D) \qquad (16.1.14)$$

hoặc cho:

$$b_{tb}/D = \frac{A_E}{A_0}\frac{\pi}{2Z}$$

$$\mathrm{Re} \cong 5\left(nD^2/\gamma\right)\left(A_E/A_0\right)\left(1/Z\right) \qquad (16.1.15)$$

Yêu cầu về sự bằng nhau của các số Re giữa chong chóng thực và mô hình đã chuyển sang mối quan hệ giữa các vòng quay như sau:

$$n_M = n_H (\gamma_H/\gamma_M)(1/M^2) \qquad (16.1.16)$$

Khi tiến hành việc thí nghiệm mô hình chong chóng trong chất lỏng với $\gamma_H = \gamma_M$ thực tế không thể thoả mãn được (16.1.16) vì gặp nhiều khó khăn về kỹ thuật: chong chóng phải có số vòng quay khá lớn vì M «1 và như vậy lực tác dụng lên mô hình bằng lực tương ứng của chong chóng thực, ví dụ:

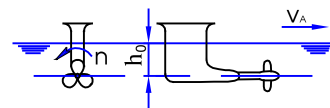
$$T_M = K_T\rho n_M^2 D_M^4 = K_T\rho(n_H^2/M^4)(D_H M)^4 = K_T\rho n_H^2 D_H^4 = T_H \qquad (16.1.17)$$

Khi thử mô hình chong chóng có thể xuất hiện hiệu ứng tỷ lệ, vì nó gây nên sự khác nhau giữa các đặc tính động lực giữa mô hình và chong chóng thực hoặc giữa các mô hình có tỷ lệ khác nhau (nghĩa là được thử ở những số Re khác nhau). Nguyên nhân cơ bản của hiệu ứng tỷ lệ là ở một phần cánh mô hình xuất hiện chế độ dòng bao chảy tầng, gây ảnh hưởng lớn tới thành phần mômen của lực nhớt, song nó ảnh hưởng ít tới thành phần lực đẩy. Kinh nghiệm thử mô hình cho thấy hiệu ứng tỷ lệ hầu như không có nếu thử mô hình trong giới hạn các số Re cao hơn con số tới hạn, với nó không có ảnh hương rõ rệt tới các đặc tính thuỷ động lực của chong chóng. Khi thử mô hình chong chóng người ta thường lấy $\mathrm{Re}_{th} = (4 \div 5)10^5$. Dựa vào đó các kích thước và vòng quay của mô hình phải chọn sao cho trong quá trình thử số Re tính theo (16.1.15) lớn hơn con số tới hạn $\mathrm{Re} > \mathrm{Re}_{th}$.

Như vậy, nếu thoả mãn được các điều kiện $h_0 > D$, $\mathrm{Re} > \mathrm{Re}_{th}$ thì kết quả thử mô hình chong chóng trong nước tự do cho phép nhận được các đặc tính thuỷ động lực không thứ nguyên K_T, K_Q và η_0, mà chúng là những hàm đơn trị của bước tiến tương đối J của các chong chóng đồng dạng hình học khi được bao bằng dòng không xâm thực. Các kết quả của những đợt thử này thường được coi là không phụ thuộc vào tỷ lệ, nghĩa là lấy $K_{TM} = K_{TH}$, $K_{QM} = K_{QH}$ và $\eta_{OM} = \eta_{OH}$ khi $J_M = J_H$.

16.2. CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU CHONG CHÓNG BẰNG THỰC NGHIỆM. CÁC ĐỢT THỬ HÀNG LOẠT MÔ HÌNH CÓ HỆ THỐNG.

Ta phân ra các đợt thử mô hình chong chóng trong nước tự do và sau thân tàu, nghĩa là thử mô hình chong chóng độc lập và thử mô hình tàu chạy bằng chong chóng. Các đợt nghiên cứu này thường được thực hiện trong các bể thử. Trong mục này chúng ta chỉ xét việc thử mô hình chong chóng trong nước tự do.



Hình 16.1. ***Thiết bị để thử mô hình chong chóng trong nước tự do.***

Nhiệm vụ chính của những đợt thử này là xác định các đặc tính thuỷ động lực của chong chóng độc lập, nghĩa là các hệ số K_T, K_Q và η_0 theo các chế độ làm việc của chong chóng, nghĩa là phụ thuộc vào bước tiến tương đối J. Các đợt thử được tiến hành nhờ một thiết bị đặc biệt. Nó là một chiếc thuyền con đáy bằng rất thoát nước, nối với một xe kéo vuông góc với cột dạng dễ thoát nước (hình 16.1). Thuyền được đặt trong nước sao cho chong chóng chìm dưới mặt nước ở độ sâu đã biết. Bằng cách tính toán trục chong chóng thò ra khỏi thuyền sao cho thuyền không ảnh hưởng tới chong chóng.

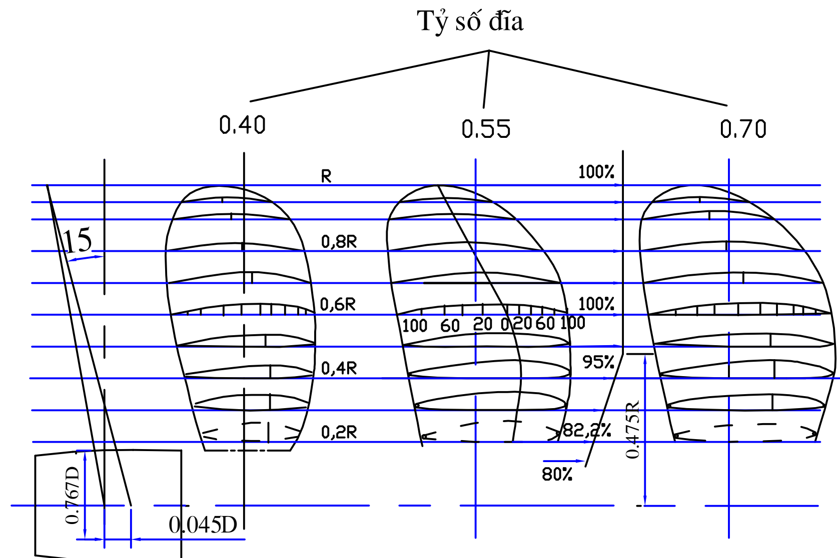
Như vậy, chiều dài của trục bằng khoảng 2 ÷ 2,5 đường kính chong chóng. Để tránh ảnh hưởng của mặt thoáng đối với các lực thuỷ động, đường tâm chong chóng phải chìm tới 1,0 ÷ 1,5 đường kính chong chóng. Điều này cho phép loại số Fr khỏi các định luật đã nói.

Các thông số cần ghi - lực đẩy, mômen và vòng quay của chong chóng phải đo bằng các phương pháp điện, vì chúng cho phép sử dụng rộng rãi máy tính điện tử để tập hợp, lưu trữ và xử lý các thông tin theo chương trình đã định trong quá trình thí nghiệm, và trong vài trường hợp để tự động hoá hoàn toàn đợt thử.

Về nguyên tắc các mô hình đều được thử trong nước tự do với vòng quay cố định để đảm bảo số Re tới hạn và tốc độ tiến khác nhau do thay đổi tốc độ kéo thuyền. Điều này cho phép khảo sát được toàn bộ giới hạn biến thiên của bước tiến tương đối - từ chế độ buộc (J = 0) tới chế độ lực đẩy và mômen bằng không. Nếu cần có thể nghiên cứu được cả chế độ đảo chiều.

Trong quá trình thí nghiệm cần phải đo lực đẩy và mômen của mô hình chong chóng, vòng quay và tốc độ tiến có thể tính được các đặc tính thuỷ động lực K_T, K_Q và η_0. Các đặc tính thuỷ động lực này được biểu diễn theo dạng đường cong phụ thuộc vào bước tiến tương đối J (Xem H14.3). Đóng vai trò quan trọng trong các đợt thí nghiệm là thử hàng loạt mô hình chong chóng có hệ thống trong nước tự do. Loạt ở đây được hiểu là một tập hợp các mô hình chong chóng , mà trong đó các đặc tính hình học không thứ nguyên được thay đổi từ chong chóng này sang chong chóng khác, ví dụ: tỷ số bước theo một hệ thống qui định. Tập hợp chính của các phần tử của các chong chóng của loạt vẫn phải giữ nguyên. Các đợt thử hàng loạt mô hình chong chóng có hệ thống cho phép đánh giá mối quan hệ giữa các đặc tình hình học với các đường cong làm việc của chong chóng, đồng thời xây dựng được đồ thị để thiết kế chong chóng và tính toán khả năng di động của tàu.

Các số liệu của các đợt thử hàng loạt mô hình đều được xử lý trên máy tính điện tử, điều này cho phép áp dụng các phương pháp phân tích hồi quy để xây dựng mô hình toán học cho từng chong chóng riêng lẻ. Bằng máy tính điện tử sẽ tính và xây dựng được các đường cong thiết kế chong chóng và tính toán khả năng di động của tàu.



Hình 16.2. ***Các đặc trưng hình học của chong chóng 4 cánh thuộc loại*** "B".

Hiện nay người ta đã thử được số lượng khá lớn mô hình chong chóng có hệ thống hầu như bao trùm toàn bộ giới hạn biến thiên các đặc tính hình học của chong chóng ở Liên bang Nga cũng như ở nước ngoài.

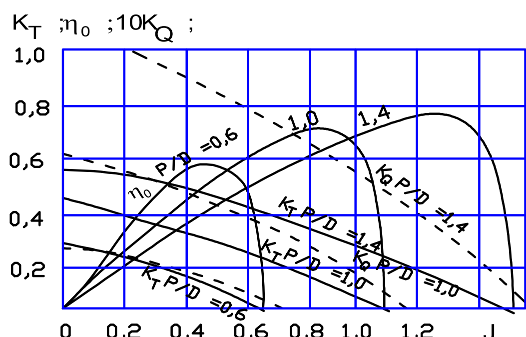
Trên hình 16.2 trình bày các đặc tính hình học của loạt "B" của bể thử Hà Lan có Z = 4 và 3 trị số tỷ số đĩa. Loạt gồm 120 mô hình chong chóng đường kính 240 mm với số cánh thay đổi (từ 2 ÷ 7), tỷ số đĩa (từ 0,3 ÷ 1,05) và tỷ số bước kết cấu (từ 0,5 ÷ 1,4). Bước tiến tương đối thay đổi từ không tới bước tiến tương đối ứng với chế độ không lực đẩy.

Việc xử lý cuối cùng các kết quả thử của hàng loạt này bao gồm cả việc tính chuyển các hệ số thuỷ động lực sang số Re qui chuẩn Re = 2.10^6 đặc trưng cho các chong chóng thực, đồng thời xây dựng được các mô hình toán học của các chong chóng. Mô hình này được mô tả theo dạng đa thức:

$$\left.\begin{aligned} K_T &= \sum_{i=1}^{39} C_{T_i} (J)^{S_i} (P/D)^{t_i} (A_E/A_0)^{u_i} Z^{v_i} \\ K_Q &= \sum_{i=1}^{47} C_{Q_i} (J)^{S_i} (P/D)^{t_i} (A_E/A_0)^{u_i} Z^{v_i} \end{aligned}\right\} \qquad (16.2)$$

nó cho phép xác định được các đường cong làm việc của chong chóng với trị số Z biến thiên và các trị số A_E/A_0, P/D và J nằm trong giới hạn đã nêu trên.

Trên hình 16.3 để làm ví dụ: người ta trình bày các số liệu của loạt này cho những chong chóng Z = 4 và A_E/A_0 = 0,55, mà chúng nêu bật được ảnh hưởng của tỷ số bước kết cấu đối với hệ số lực đẩy và hiệu suất làm việc. Lời giải thích về ảnh hưởng của P/D đối với các đường cong làm việc của chong chóng được trình bày ở chương thiết kế chong chóng.

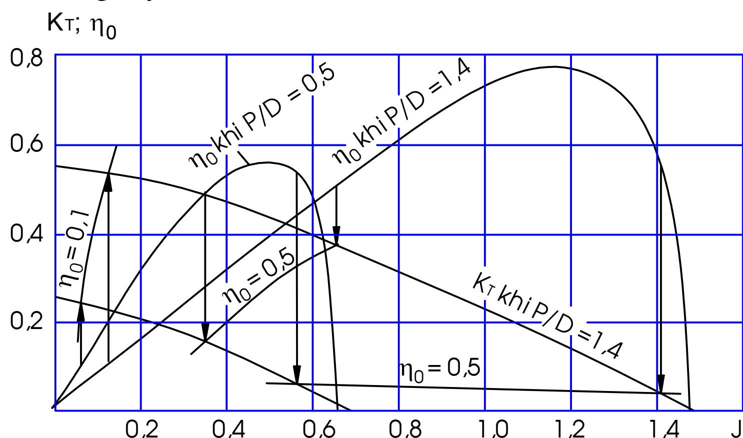


Hình 16.3. ***Các đường cong làm việc của chong chóng 4 cánh thuộc loạt* "B" *với tỷ số bước khác nhau***

16.3. CÁC ĐỒ THỊ THIẾT KẾ CHONG CHÓNG

Đồ thị tổng hợp của đợt thử một nhóm mô hình chong chóng thuộc loạt có hệ thống được trình bày trên hình 16.3 đã được xây dựng khá chặt chẽ.

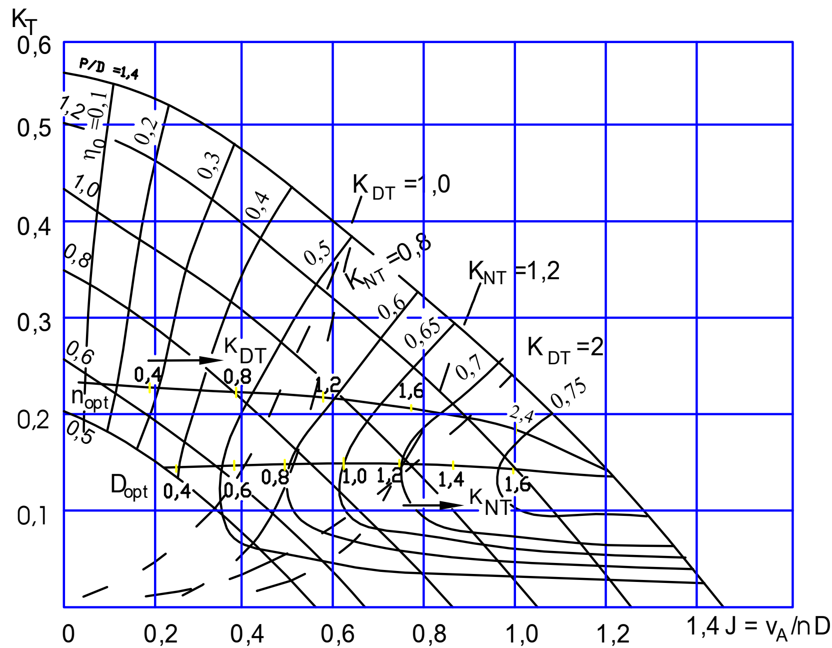
Nhằm mục đích đó, đối với từng chong chóng với trị số P/D của nó qua một khoảng đã biết ta chuyển trị số hiệu suất lên đường cong $K_T = K_T(J)$ sao cho các điểm có cùng trị số hiệu suất được nối với nhau bằng những đường cong trơn như đã trình bày trên hình 16.4. Kết quả là ta nhận được đồ thị, như hình 16.5, để trên đó để bản vẽ không rườm rà ta chỉ kẻ một số lượng vừa phải các đường hiệu suất bằng nhau. Từ đồ thị ta hoàn toàn xác định được các thông số của chong chóng thiết kế có trị số Z, A_E/A_0, P/D . . . Đồ thị đó dùng để xác định hiệu suất làm việc của chong chóng trong những điều kiện thiết kế cụ thể. Muốn vậy cần phải giả thiết lực đẩy T, tốc độ tiến v_A, đường kính D và vòng quay n của nó. Sau khi tính toán được K_T và bước tiến tương đối J, trên đồ thị ta tìm được điểm, mà vị trí của nó xác định ngay được P/D và hiệu suất làm việc η_0. Tuy nhiên chong chóng thiết kế theo cách đó khó có thể đạt được tối ưu, bởi vì trong khi giả thiết để thiết kế nó thì đường kính cũng như vòng quay (khi T và v_A không đổi) vẫn không lấy tối ưu.



Hình 5.4. ***Sơ đồ xây dựng các hiệu suất làm việc bằng nhau.***

Như vậy, hiệu suất làm việc có thể rất thấp mà công suất tương ứng cần thiết lại qua cao. Để tối ưu hoá, ví dụ đường kính cần phải cho vòng quay cố định và sau khi vừa thay đổi đường kính vừa phải thực hiện nhiều phép tính để tìm mối quan hệ giữa hiệu suất làm việc và đường kính. Chong chóng với đường kính tối ưu sẽ ứng với chong chóng có hiệu suất làm việc lớn nhất. Dĩ nhiên để tối ưu hoá vòng quay khi D = const

cần phải thực hiện một loạt tính toán với n biến đổi và tìm hệ thức $\eta = \eta_0(n)$. Ta vẫn có thể xác định được vòng quay tối ưu khi giả thiết T, v_A và D.



Hình 5.5. ***Đồ thị thiết kế chong chóng*** (Z = 4; $\frac{A_E}{A_0} = 0,55$)

Các tính toán kiểu này sẽ tốn nhiều công sức. Để tránh điều đó, từ các biểu thức tính K_T và J ta loại một trong các thông số qui định n hoặc D. Ví dụ: ta loại đường kính và nhận được:

$$K_T = \frac{T}{\rho}\frac{n^2}{v_A^2}J^4 = \frac{J^4}{K_{NT}^4} \qquad (16.3.1)$$

trong đó: ta kí hiệu:

$$K_{NT} = \frac{v_A}{\sqrt{n}}\sqrt[4]{\rho/T} = \frac{J}{\sqrt[4]{K_T}} \qquad (16.3.2)$$

Trên hình 16.5 đường K_{NT} là đường parabol bậc 4 đặc trưng cho một tập hợp vô hạn các chong chóng thoả mãn bài toán, nhưng có hiệu suất làm việc khác nhau và chỉ có một điểm duy nhất ứng với hiệu suất làm việc lớn nhất, điểm đó xác định chong chóng có đường kính tối ưu.

Trên đồ thị đang xét, đối với một loạt trị số K_{NT} tìm các điểm có hiệu suất làm việc lớn nhất và qua các điểm đó kẻ đường cong trơn ký hiệu là D_{opt} và cả những đoạn K_{NT} = const cắt đường cong đã cho. Từ các K_{NT} đã có trên đường cong D_{opt} cho phép ta xác định được các thông số của chong chóng có đường kính tối ưu, nghĩa là K_T, J, η_0 và P/D. Đường kính tối ưu được tính theo công thức sau:

$$D_{opt} = v_A / (nJ) \qquad (16.3.3)$$

Nếu biết đường kính, lực đẩy và tốc độ muốn tìm vòng quay tối ưu thì bằng cách loại vong quay đó khỏi biểu thức tính K_T và J, ta tìm được:

$$K_T = \frac{T}{\rho}\frac{J^2}{v_A^2 D^2} = \frac{J^2}{K_{DT}^2}$$

trong đó: $$K_{DT} = v_A D\sqrt{\rho/T} = J\sqrt{K_T} \qquad (16.3.4)$$

Như vậy đường $K_T = K_T(J)$ khi K_{DT} = const trên đồ thị là đường parabol bậc hai bao gồm cả điểm hiệu suất làm việc lớn nhất ứng với vòng quay có lợi nhất.

Bằng cách nối các điểm tối ưu cho các trị số K_{DT} khác nhau trên đồ thị ta có đường cong trơn, được gọi là đường cong các vòng quay tối ưu n_{opt} (hình 16.5).

Khi trị số K_{DT} đã biết, bằng đường cong này ta trực tiếp nhận được K_T, J, η_0 và P/D để xác định vòng quay tối ưu:

$$n_{opt} = v_A / (JD) \qquad (16.3.5)$$

và tính công suất cần thiết cho chong chóng :

$$P_D = T\, v_A / \eta_0 \qquad (16.3.6)$$

Đường cong xây dựng trong hệ trục K_T - J gọi là đồ thị liên quan đến thân tàu, vì nó cho phép xác định được các đặc tính của chong chóng và chọn được động cơ có liên quan đến lực cản của thân tàu.

Cũng phương pháp tương tự có thể xây dựng trong hệ trục K_Q - J (hoặc $\sqrt{K_Q}$ - J). Nó cho phép xác định được các đặc tính của chong chóng hoặc công suất P_D truyền vào nó, và vì vậy được gọi là đồ thị liên quan đến động cơ. Trong đó cũng xác định được tối ưu đường kính hoặc vòng quay bằng các hệ số:

$$K_{NQ} = \sqrt[4]{\frac{J^5}{2\pi K_Q}} = \frac{v_A}{\sqrt{n}}\sqrt[4]{\frac{\rho v_A}{P_D}} \qquad (16.3.7)$$

để xác định đường kính tối ưu và:

$$K_{DQ} = \sqrt{\frac{J^3}{2\pi K_Q}} = v_A D\sqrt{\frac{\rho v_A}{P_D}} \qquad (16.3.8)$$

để xác định vòng quay tối ưu.

Các hệ số lực đẩy K_{NT} và K_{DT} cũng như các hệ số mômen K_{NQ} và K_{DQ} được đưa vào để tính chong chóng gọi là các hệ số của bài toán.

Các đồ thị nói trên và phương pháp sử dụng chúng để định tối ưu đường kính hoặc vòng quay của chong chóng được E.E Papmiel và Staynen đưa ra cùng một lúc và độc lập nhau vào nửa đầu thế kỷ 20.

Ta nhận xét các tính chất quan trọng của chong chóng tối ưu. Như đã thấy trên hình 16.5 các hệ số lực đẩy nằm trên đường D_{opt} và một phần trên đường n_{opt} hầu như không phụ thuộc vào bước tiến tương đối, điều đó cho phép:

$$K_{Topt} = T / (\rho\, n^2 D^4) = \text{const} \qquad (16.3.9)$$

và:

$$D\sqrt{n} = \text{const}_I \sqrt[4]{T} \qquad (16.3.10)$$

Như vậy khi chọn thích hợp hằng số ta sẽ xác định được các thông số tối ưu của chong chóng. Ngoài ra đối với chong chóng tối ưu, hiệu suất làm việc hầu như không phụ thuộc vào số cánh và tỷ số đĩa, có thể coi là hàm của hệ số tải trọng theo lực đẩy:

$$C_{TA} = (8/\pi)\, (K_T/J^2) \qquad (16.3.11)$$

Với Z = 3; 4; 5 và 6, còn tỷ số đĩa tương ứng A_E/A_0 = 0,50; 0,55; 0,60 và 0,80 có thể tính được hiệu suất của chong chóng đường kính tối ưu theo công thức:

$$\eta_0 = 1{,}876 - 1{,}235\, C_{TA}^{0,1}\ ; \qquad 0{,}4 < C_{TA} < 7{,}0 \qquad (16.3.12)$$

Công thức này trùng với kết quả từ đường cong hiệu suất làm việc tính theo công thức Véttrinkin. Trị số hiệu suất làm việc tính theo (16.3.12) được coi là giới hạn trên của những chong chóng thực và tối ưu theo đường kính, tương ứng với loạt B - Hà Lan. Hệ số chất lượng của những chong chóng này thay đổi từ $\xi_p=\eta_0/\eta_I$ = 0,78 ÷ 0,72 khi C_{TA} = 1,0 ÷ 6,0. Các đồ thị tương tự đã nói ở trên đều được xây dựng theo các đợt thử mô hình chong chóng trong nước tự do. Tuy nhiên chúng cũng được sử dụng để thiết

kế các chong chóng làm việc sau thân tàu khi kể đến sự tương tác giữa chong chóng với thân tàu.

16.4. SỬ DỤNG CÁC ĐỒ THỊ THIẾT KẾ CHONG CHÓNG CÁNH HẸP

Các đồ thị thiết kế chong chóng của E.E Papmeil (Phụ lục I) và của bể thử Hà Lan (Phụ lục II) luôn cho các trị số tính toán khác nhau khi cùng các số liệu xuất phát. Sự khác nhau về hiệu suất làm việc và các yếu tố của chong chóng không thể giải thích được bằng các sai số thí nghiệm và cách xử lý, mà vẫn xẩy ra khi xây dựng mọi đồ thị theo các kết quả thử mô hình , ngay khi chúng được tiến hành hoàn toàn ứng với các yêu cầu của lý thuyết đồng dạng. Sự sai lệch về trị số của đường kính, tỷ số bước kết cấu và hiệu suất làm việc của chong chóng là do sự khác nhau trong việc định dạng mặt cắt cánh của loạt mô hình thử, được trình bày trong các phụ lục I, II. Các mô hình chong chóng, mà theo kết quả thí nghiệm xây dựng được các đồ thị của phụ lục I có các dạng mặt cắt lồi lõm vơí độ lượn cong mặt đạp của cánh $\delta_2 = 1\%$ trên các bán kính mặt cắt. Còn các mô hình chong chóng, mà theo kết quả thí nghiệm xây dựng được các đồ thị của phụ lục II có mặt đạp của cánh phẳng.

Các chong chóng cả hai loạt có chiều dày tương đối của các mặt cắt cánh gần bằng nhau (ở những chong chóng phụ lục I chiều dày lớn hơn) vì vậy bán kính cong tương đối của mặt cắt trên các chong chóng phụ lục I lớn hơn ở những chong chóng thuộc phụ lục II. Căn cứ vào đó khi tỷ số bước kết cấu và chiều dày tương đối của cánh giống nhau các cánh thuộc phụ lục II có đường kính lớn hơn. Đối với các chong chóng thuộc phụ lục II khi hệ số tải trọng theo lực đẩy $C_{TA} \approx 0,5$ thì bán kính cong của mặt cắt rất hợp lý. Mặt đạp lõm có thể coi là hợp lý khi các chong chóng bị hạn chế đường kính, do đó ở những hệ số tải trọng lớn điều cần thiết là phải sử dụng chúng.

Chương 17
SỰ TƯƠNG TÁC THUỶ ĐỘNG GIỮA THIẾT BỊ ĐẨY VÀ THÂN TÀU

17.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ SỰ TƯƠNG TÁC THUỶ ĐỘNG GIỮA THIẾT BỊ ĐẨY VÀ THÂN TÀU

Thân tàu tự chạy, còn thiết bị đẩy làm việc cạnh nó, về phương diện cơ thuỷ học là một hệ thống duy nhất mà giữa các phần tử của nó có sự tương tác thuỷ động lực dẫn đến sự phân bố lại các lực tác dụng lên chúng. Bản chất của sự tương tác này là sự ảnh hưởng lẫn nhau của các trường thuỷ động lực do thân tàu và thiết bị đẩy tạo ra. Thiết bị đẩy làm thay đổi trường tốc độ và áp suất trên thân tàu. Do đó lực cản của tàu khi thiết bị đẩy làm việc không bằng lực cản của tàu khi bị kéo đi.

Như vậy, khác với các lực không đổi theo thời gian tác dụng lên thiết bị đẩy khi làm việc trong nước tự do, các lực tác dụng lên thiết bị đẩy khi làm việc sau thân tàu do dòng chảy không đều, song song với thành phần cố định còn có thành phần không dừng. Do thiết bị đẩy làm việc, nên trên thân tàu phát sinh ra áp suất không ổn định. Vì vậy sự tương tác nói trên không chỉ xác định hiệu quả sử dụng công suất của hệ động lực, mà còn cả các tính chất khai thác của tàu có liên quan đến việc phát sinh áp suất không ổn định trên thiết bị đẩy và thân tàu, cũng như các chấn động sinh ra bởi áp suất đó. Khi thiết kế thiết bị đẩy cũng như lựa chọn hình dáng phần đuôi tàu đều phải lưu ý đến sự tương tác này.

Trong khi sự tương tác là một hiện tượng thuỷ động phức tạp, thì sự nghiên cứu chặt chẽ nó bằng lý thuyết gặp vô vàn khó khăn và cho tới nay vẫn chưa đem lại kết quả. Vì vậy để nghiên cứu hiện tượng đó người ta áp dụng phương pháp gần đúng để xét riêng biệt ảnh hưởng của thân tàu vơi sự làm việc của thiết bị đẩy và sự làm việc của thiết bị đẩy đối với dòng bao thân tàu. Khi nghiên cứu dòng bao thân tàu thì dòng chảy tới nó được thay bằng tác dụng của thiết bị đẩy.

Việc lợi dụng phương pháp gần đúng đó cho phép áp dụng một cách khá đơn giản các kết quả thử mô hình chong chóng làm việc độc lập trong nước tự do để thiết kế chong chóng làm việc sau thân tàu. Tuy nhiên ngay theo cách đặt vấn đề đơn giản đó dựa theo cách giải quyết bằng lý thuyết chỉ có thể nhận được các hệ thức về mặt chất lượng. Phương pháp chính để thu được các kết quả về mặt số lượng để tính toán khả năng di động là thí nghiệm.

17.2. DÒNG THEO VÀ CÁC THÀNH PHẦN CỦA NÓ

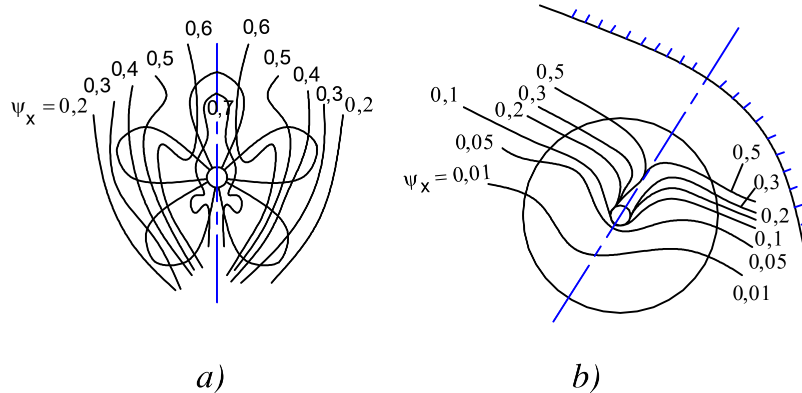
Khi tàu chuyển động trong chất lỏng sau đuôi tàu sẽ xuất hiện dòng nước cùng chuyển động hướng về phía chuyển động của tàu và vì thế gọi là dòng theo. Thông thường dòng theo được xác định tại nơi đặt thiết bị đẩy (tại đĩa thiết bị đẩy). Dòng theo được xác định khi không có thiết bị đẩy gọi là dòng theo định mức.

Tổng vectơ tốc độ của dòng theo tại một điểm bất kì trên đĩa có thể phân ra thành ba thành phần: hướng trục, hướng tiếp tuyến và hướng bán kính. Khi tính toán và thiết

kế thiết bị đẩy người ta chỉ chú ý tới thành phần hướng trục và tiếp tuyến của tốc độ dòng theo, được kí hiệu là $v_{\psi x}$ và $v_{\psi\theta}$. Lập tỉ số :

$$\psi_x = v_{\psi x}/v \ , \ \ \psi_\theta = v_{\psi\theta}/v \qquad (17.2.1)$$

các hệ số ψ_x và ψ_θ − gọi là hệ số dòng theo. Do hình dáng phần đuôi tàu là phức tạp, tính chất khác biệt của dòng theo là mức độ không đồng đều tại đĩa thiết bị đẩy, vì thế các hệ số dòng theo ψ_x và ψ_θ thay đổi từ điểm này sang điểm khác. Hình 17.1 biểu diễn các hệ số dòng theo ψ_x. Tốc độ dòng theo có trị số lớn nhất ở gần mặt đối xứng và giảm dần về hai mạn. Đối với tàu một chong chóng dòng theo định mức đối xứng qua mặt phẳng đối xứng (Xem H17.1.a). Đối với tàu hai chong chóng dòng theo gần như đối xứng qua mặt phẳng đối xứng của giá chữ nhân hoặc các ổ đỡ trục (Xem H17.1.b).



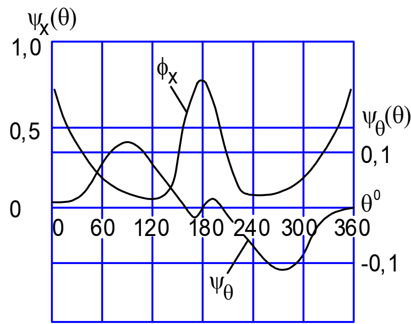
a) *b)*

Hình 17.1. ***Trường thành phần hướng trục của hệ số dòng theo***
a. tàu một trục chong chóng
b. tàu hai trục chong chóng

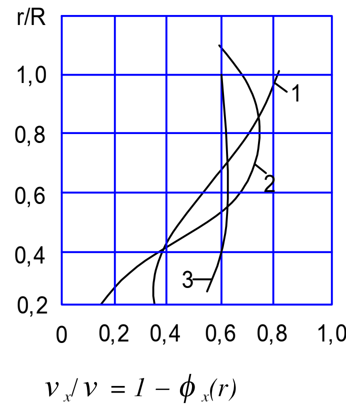
Trong trường hợp chung các hệ số dòng theo ở mặt phẳng đĩa phụ thuộc vào hai toạ độ – góc quay cánh θ và bán kính r mà phần tử cánh tại vị trí đó: $\psi = \psi(r, \theta)$.

Trên hình 6.2 trình bày sự thay đổi của các thành phần ψ_x và ψ_θ theo góc quay của cánh cho tàu một chong chong với hình dáng phần đuôi bình thường, các số liệu đều mô tả cho bán kính r = 0,64R, trong đó R – bán kính chong chóng. Đối với tàu một chong chóng hệ số dòng theo $\psi_x = \psi_x(\theta)$ và $\psi_\theta = \psi_\theta(\theta)$ đối xứng qua mặt phẳng đối xứng.

Tốc độ cục bộ của dòng theo định mức có thể được dùng đến khi xác định các lực tức thời sinh ra trên các phần tử cánh và các đặc tính của chong chóng nói chung.



Hình 17.2. ***Sự thay đổi thành phần hướng trục và tiếp tuyến của hệ số dòng theo phụ thuộc góc quay cánh.***



Hình 17.3. ***Sự phân bố tốc độ thành phần hướng trục theo bán kính cho các kiểu đuôi tàu khác nhau****: 1. chữ U và quả lê; 2. dạng chữ V; 3. tàu hai chong chóng*

Khi tính toán khả năng di động người ta sử dụng trị số trung bình của dòng theo. Các hệ số dòng theo trung bình tại một bán kính được xác định theo công thức :

$$\overline{\psi}(r) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\psi(r,\theta)d\theta \qquad (17.2.2)$$

Khi lấy trung bình như vậy, thì thành phần tiếp tuyến của hệ số dòng theo $\overline{\psi}_\theta$ thường bằng không, vì thế khi tính khả năng di động người ta chỉ quan tâm tới thành phần hướng trục của dòng theo $\overline{\psi}_x$. Sự phân bố theo bán kính của thành phần này phụ thuộc khá nhiều vào hình dáng đuôi tàu và khác nhau đối với tàu một hoặc hai trục như trình bày ở hình 6.3, trên đó trình bày các số liệu về tỷ số tốc độ: $v_x(r)/ v = 1 - \overline{\psi}_x(r)$. Như đã thấy tốc độ ở gần củ của chong chóng có trị số nhỏ nhất, sự phân bố tốc độ theo bán kính cho tàu một truc không đồng đều so với tàu hai trục.

Về trị số trung bình của hệ số dòng theo định mức tại đĩa được xác định :

$$\psi = \frac{1}{A_0}\int_{A_0}\psi dA = \frac{2}{R^2 - r_H^2}\int_{r_H}^{R}\overline{\psi}(r)dr \qquad (17.2.3)$$

trong đó: A_0 – diện tích đĩa thiết bị đẩy , r_H – bán kính củ.

Khi tính toán người ta thường lấy trị số trung bình theo chu vi vòng tròn ở bán kính r = (0,65 ÷ 0,7)R làm trị số trung bình của dòng theo, nó gần bằng ψ. Trên hình 17.3 thể hiện ba đường cong khi: ψ = 0,35.

Dòng theo có thể gồm hai phần. Phần thứ nhất là trường tốc độ sau thân tàu ngoài giới hạn lớp biên gọi là dòng theo có thế. Dòng theo này tồn tại cả trong chất lỏng không nhớt.

Thành phần dòng theo có thế được sinh ra bởi hai nguyên nhân. Nguyên nhân thứ nhất là khi tàu chuyển động sẽ sinh ra một khối chất lỏng, mà khối chất lỏng này được dồn vào không gian tự do ở sau đuôi tàu và sau đó chuyển động cùng chiều với chiều chuyển động của tàu .Phần dòng theo này gọi là dòng theo hắt ra.

Nguyên nhân thứ hai là xuất hiện sóng bản thân do tàu chạy trên mặt thoáng, làm thay đổi trường tốc độ tại nơi đặt thiết bị đẩy. Phần dòng theo này gọi là phần dòng theo sóng.

Như vậy, dòng theo có thế $v_{\psi\theta}$ có thể viết dưới dạng

$$v_{\psi P} = v_{\psi d} + \Psi v_{\psi\omega} \quad (17.2.4)$$

trong đó: $v_{\psi d}$ – tốc độ dòng hắt ra, $v_{\psi w}$ – tốc độ dòng theo sóng.

Phần thứ hai của dòng theo được sinh ra bởi ảnh hưởng của độ nhớt chất lỏng. Lớp biên trên bề mặt thân tàu đã phân bố lại tốc độ so với trường hợp tàu chạy trong chất lỏng không nhớt.

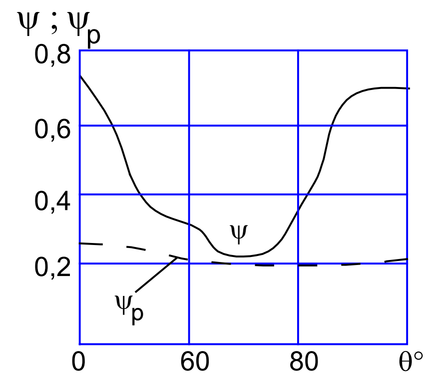
Do ảnh hưởng của độ nhớt phần chất lỏng bị cuốn về phía sau thân tàu sẽ tạo nên dòng theo nhớt $v_{\psi V}$. Như vậy, gần đúng có thể coi tổng hệ số dòng theo là tổng của ba thành phần:

$$\psi = \psi_P + \psi_v = \psi_d + \psi_\omega + \psi_v \quad (17.2.5)$$

trong đó : ψ_d – hệ số dòng theo hắt ra ψ_ω – hệ số dòng theo sóng, ψ_v – hệ số dòng theo có nhớt.

Ta nhấn mạnh rằng: đối với các tàu vận tải biển vai trò quyết định trị số và phân bố tốc độ dòng theo tại đĩa thiết bị đẩy là thành phần nhớt. Trên hình 6.4 thể hiện sự phân bố theo chu vi vòng tròn tại r/R = 0,60 của thành phần có thế và hệ số dòng theo tổng cho tàu dầu có δ = 0,75.

Trị số ψ là dương khi dòng theo trung bình hướng cùng chiều với chiều chuyển động của tàu. Dòng theo hắt ra và dòng theo nhớt luôn dương. Dòng theo sóng có thể dương hoặc âm. Khi chong chóng làm việc dưới đỉnh sóng thì dòng theo sóng sẽ là dương, làm việc dưới đáy sóng sẽ là âm. Trên các tàu vận tải hiện nay, trừ các tàu chạy nhanh dòng theo sóng là bé và thường không chú ý đến khi tính toán. Các tàu chạy nhanh, về nguyên tắc dòng theo sóng âm nên làm tổng hệ số dòng theo giảm xuống.



Hình 17.4. ***So sánh hệ số dòng theo có thế và tổng hệ số dòng theo ở bán kính*** *r = 0,6R*

17.3. DÒNG THEO CÓ ÍCH VÀ TỐC ĐỘ CỦA DÒNG THEO

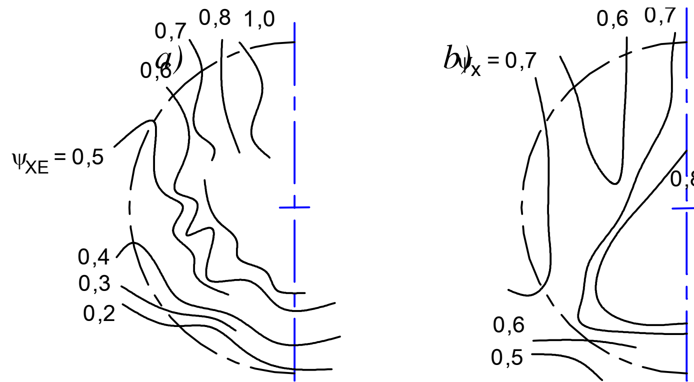
Chong chóng làm việc sau thân tàu và làm thay đổi dòng theo định mức của nó. Dòng theo sau thân tàu sinh ra khi chong chóng làm việc được gọi là dòng theo có ích. Tốc độ dòng theo có ích là hiệu số giữa tốc độ dòng chảy qua chong chóng khi nó làm việc sau thân tàu và khi không có nó . Như vậy, ta giả thiết rằng: diện tích mặt cắt thuỷ lực của chong chóng trong cả hai trường hợp vẫn như nhau và cả tổng tốc độ cảm ứng cũng giống nhau. Tốc độ cảm ứng do chong chóng làm việc gây nên không được xếp vào dòng theo có ích.

Ảnh hưởng của chong chóng đối với sự phân bố tốc độ và trị số của dòng theo có ích và sự khác nhau của dòng theo có ích với dòng theo định mức phụ thuộc khá nhiều vào tính chất dòng bao của phần đuôi tàu và tải trọng của chong chóng. Đối với những tàu có hệ số béo trung bình và tải trọng chong chóng thấp, các trị số trung bình tại đĩa chong chóng của dòng theo có ích và định mức ít có sự khác nhau.

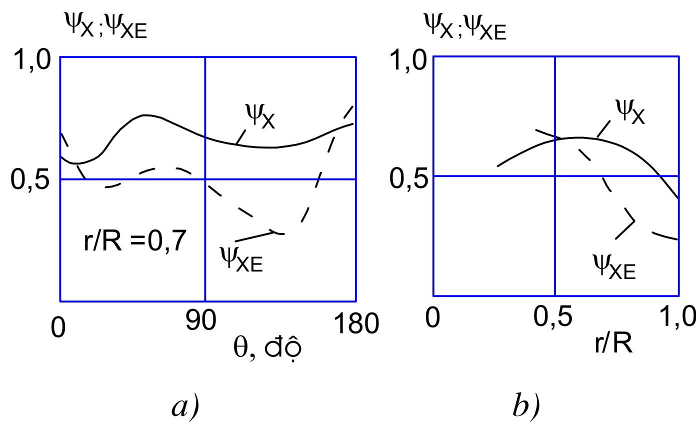
Trên các tàu béo, ở đó dòng theo cơ bản được tạo nên bởi ảnh hưởng của độ nhớt đồng thời có thể xuất hiện hiện tượng tách biên, chong chóng có hệ số tải trọng lớn $C_{TA} = 5 \div 10$ có ảnh hưởng đáng kể tới dòng theo nhất là đối với thành phần nhớt. Ảnh

hưởng của chong chóng tới hiện tượng tách biên còn làm phức tạp hơn nhiều hình ảnh xuất hiện dòng theo có ích và khác với dòng theo định mức.

Lấy ví dụ trên hình 17.5 ta trình bày các đường cong hệ số dòng theo hướng trục của dòng theo định mức và có ích tại đĩa chong chóng cho tàu dầu cỡ lớn đuôi dạng xì gà và trên hình 17.6 mô tả ảnh hưởng của chong chóng đang làm việc đối với sự phân bố tốc độ cục bộ trung bình cũng cho tàu dầu độ béo lớn. Đối với những tàu này sự phân bố dòng theo có ích khác hẳn với sự phân bố dòng theo định mức. Việc bỏ qua sự khác nhau này có thể đem lại sự sai lầm nghiêm trọng khi tính toán các đặc tính thuỷ động lực và xâm thực của chong chóng sau thân tàu. Đối với những tàu có độ béo nhỏ và trung bình thì hiệu số tốc độ của dòng theo định mức và có ích là không lớn.



Hình 17.5. ***So sánh trường hệ số thành phần hướng trục của dòng theo có ích (a) và định mức (b) của tàu dầu cỡ lớn với đuôi dạng Xì gà***

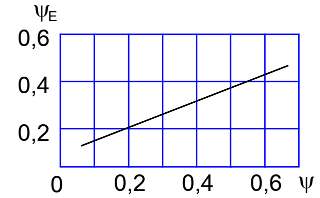


Hình 6.6. ***Ảnh hưởng của chong chóng tới sự phân bố thành phần hướng trục cục bộ và trung bình theo chu vi (a) và bán kính (b) của dòng theo***

So sánh các trị số trung bình của dòng theo định mức và có ích cần chú ý rằng: trong trường hợp chung nhất tác dụng hút của chong chóng đối với tốc độ sẽ tăng thành phần có thế và giảm thành phần nhớt của dòng theo . Đối với những tàu có hình dáng thon nhọn và những tàu có hệ số béo trung bình sự thay đổi của chúng hầu như được bù trừ lẫn nhau. Vì vậy thông thường dòng theo có ích hơi lớn hơn hoặc bằng dòng theo định mức.

Đối với những tàu dạng béo thành phần nhớt trội hơn. Trên hình 17.7 trình bày tỷ số thống kê trung bình giữa dòng theo định mức và có ích dựa theo số liệu thí nghiệm.

Theo quan điểm nói trên ta thấy rằng: khi chong chóng làm việc sau thân tàu tốc độ chuyển động của nó so với chất lỏng v_A sẽ khác với tốc độ của tàu một lượng bằng tốc độ dòng theo có ích. Tuy nhiên việc xác định nó bằng thí nghiệm gặp rất nhiều khó khăn vì phải đo trường tốc độ sau thân tàu tại đĩa chong chóng khi nó đang làm việc.



Hình 17.7. ***Tỷ số giữa dòng theo định mức và có ích***

Chú ý rằng các đặc tính thuỷ động lực của chong chóng làm việc sau thân tàu thường được tính theo các đồ thị thực nghiệm, khi chọn các phần tử chong chóng tốc độ v_A bằng:

$$v_A = v - v_\omega = v\,[1 - (v_\omega / v)] = v\,(1 - w_T) \quad (17.3.1)$$

trong đó: $w_T = v_\omega / v$ – hệ số tốc độ dòng theo tính toán. Như vậy, tốc độ dòng theo tính toán bằng hiệu tốc độ tàu và tốc độ chong chóng chuyển động trong chất lỏng v_A.

$$v_\omega = v - v_A \quad (17.3.2)$$

Hệ số dòng theo tính toán w_T được xác định bằng phương pháp phân tích kết quả thử mô hình tàu tự chạy. Việc phân tích đó là dựa vào giả thiết với những đường kính, vòng quay và lực đẩy trong nước tự do giống nhau và chong chóng sau thân tàu cũng có cùng tốc độ v_A. Phân tích bằng lý thuyết cho thấy công suất mà chong chóng tiêu thụ cũng giống nhau. Như vậy, hệ số dòng theo tính toán phải hiểu là hệ số dòng theo tính theo điều kiện công của chong chóng sau thân tàu tương đương với công khi ở trong nước tự do, nghĩa là theo điều kiện cân bằng lực đẩy và công suất tiêu thụ.

Thí nghiệm cho thấy rằng các trị số trung bình của hệ số dòng theo có ích và tính toán gần bằng nhau.

17.4. LỰC HÚT

Chong chóng làm việc sau thân tàu vừa làm tăng thêm tốc độ dòng bao phần đuôi vừa làm giảm áp suất trên bề mặt của phần thân tàu đó. Trước hết, lượng giảm áp suất sẽ tạo ra lực bổ xung tỷ lệ với phần có nét gạch của biểu đồ áp suất tác dụng lên thân tàu theo hướng ngược chiều với chiều chuyển động của tàu và dĩ nhiên nó làm tăng thêm lưc cản của tàu (Xem H17.8).

Lực cản bổ sung của nước đối với chuyển động của tàu sinh ra bởi chong chóng làm việc sau thân tàu được gọi là lực hút ΔR. Do có lực cản bổ sung đó nên chong chóng phải tạo ra lực đẩy cao hơn lực kéo để kéo tàu một lượng bằng lực hút:

$$T = T_E + \Delta R \quad (17.4.1)$$

trong đó: T_E – lực kéo của chong chóng, về trị số nó bằng lực cản của tàu R(v) sản ra trên một chong chóng. Đối với tàu một chong chóng $T_E = R$, tàu có Z_P chong chóng khi cùng công suất tiêu thụ thì:

$$T_E = R / Z_P \quad (17.4.2)$$

Đối với tàu kéo công thức này có dạng :

$$Z_P.T_E = R + R_Z \quad (17.4.3)$$

trong đó:

R – lực cản tàu kéo,

R_Z – lực căng trên móc kéo.

Tỷ số giữa lực hút và lực đẩy của chong chóng gọi là hệ số hút:

$$t = \frac{\Delta R}{T} = \frac{T - T_E}{T} = 1 - \frac{T_E}{T} = 1 - \frac{K_E}{K_T} \qquad (17.4.4)$$

trong đó: K_E – hệ số lực kéo:

$$K_E = T_E / (\rho\, n^2 D^4) \qquad (17.4.5)$$

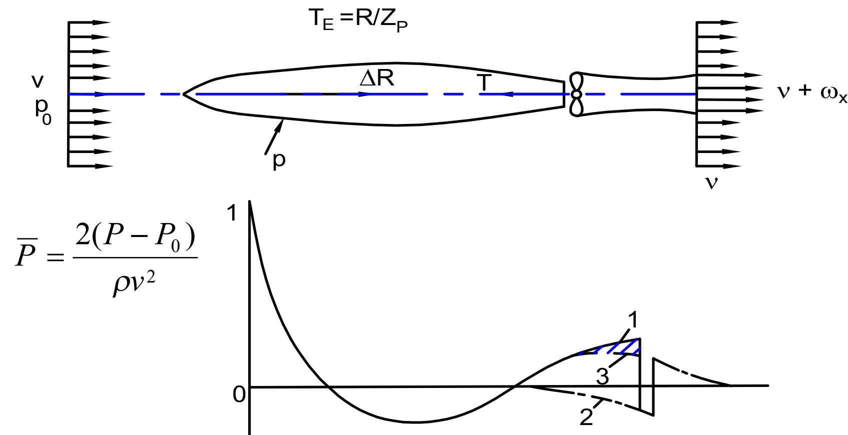
K_T – hệ số lức đẩy.

Nhờ có hệ số hút ta có thể xác định mối quan hệ giữa lực hút và lực đẩy theo công thức sau:

$$T_E = T\,(1 - t)\,; \qquad T = T_E / (1 - t) \qquad (17.4.6)$$

hoặc:

$$K_E = K_T\,(1 - t)\,; \qquad K_T = K_E / (1 - t) \qquad (17.4.7)$$



Hình 17.8. ***Sơ đồ hình thành lực hút***

1. sự phân bố áp suất dọc thân tàu không có chong chóng

2. sự phân bố áp suất khi chong chóng làm việc

3. sự phân bố áp suất dọc thân tàu khi chong chóng làm việc

Thực tế lực hút không chỉ đóng vai trò phân bố lại áp suất dọc thân tàu mà còn phân bố lại trường tốc độ trong lớp biên, dẫn đến làm biến đổi áp suất và ứng suất tiếp mang bản chất nhớt.

Do thành phần lực cản nhớt thay đổi nên lực hút bởi nhớt xuất hiện. Khi tàu chuyển động sẽ hình thành sóng bản thân cộng với sự làm việc của chong chóng đã ảnh hưởng trực tiếp tới trị số áp suất ở phần đuôi tàu nên lực hút bởi sóng xuất hiện. Căn cứ vào các lý do đó và tương tự như hệ số dòng theo, gần đúng hệ số hút có thể viết dưới dạng tổng ba thành phần:

$$t = t_P + t_\omega + t_v \qquad (17.4.8)$$

trong đó: t_P, t_ω, t_v – tương ứng là hệ số hút có thế, hệ số hút bởi sóng và hệ số hút bởi nhớt.

Trong thực tế tính toán người ta bỏ qua thành phần sóng còn thành phần nhớt rất nhỏ so với có thế nên xấp xỉ ta lấy:

$$t \approx t_P\,; \quad t_\omega = t_v = 0 \qquad (17.4.9)$$

Phương pháp xác định hệ số hút hiệu quả nhất là dựa vào các phân tích kết quả thử mô hình tự chạy.

17.5. CÁC SỐ LIỆU THỰC NGHIỆM VỀ CÁC HỆ SỐ TƯƠNG TÁC THUỶ ĐỘNG GIỮA THIẾT BỊ ĐẨY VỚI THÂN TÀU

Các số liệu về hệ số hút và hệ số dòng theo đáng tin cậy nhất có thể nhận được theo các kết quả thử mô hình trong bể thử.

Hiện nay người ta đã tập hợp được số liệu thống kê khá lớn để xác định các hệ số tương tác. Ở đây ta trình bày các công thức gần đúng để xácđịnh các hệ số đó cho các tàu vận tải trong giai đoạn thiết kế ban đầu.

Đối với tàu vận tải một chong chóng có dạng sườn phía đuôi chữ U và U vừa có hệ số béo thể tích $\delta \geq 0,60$

$$\left.\begin{aligned} w_T &= \left[0,25 + 2,2(\delta - 0,5)^2\right]\left\{0,94 + 1,8\left[0,8 - (D/T_{KWL})\right]^2\right\} \\ t &= 0,20 + 0,1(\delta - 0,5) + 0,055(K_{DE} - 1,8) \end{aligned}\right\} \quad (17.5.1)$$

Đối với tàu container một chong chóng dạng sườn phần đuôi hình chữ V có $\delta \leq 0,65$; $D/T_{KWL} \leq 0,7$

$$\left.\begin{aligned} w_T &= \left[0,2 + 0,8(\delta - 0,55)^2\right]\left\{0,97 + 7\left[0,7 - (D/T_{KWL})\right]^2\right\} \\ t &= 0,18 + 0,35(\delta - 0,5) + 0,055(K_{DE} - 2,0) \end{aligned}\right\} \quad (17.5.2)$$

Đối với tàu container hai chong chóng với $\delta < 0,65$; $D/T_{KWL} \approx 0,6 \div 0,65$

$$\left.\begin{aligned} w_T &= 0,09 + 0,14(\delta - 0,5) \\ t &= 0,15 + 0,53(\delta - 0,5) + 0,055(K_{DE} - 2,0) \end{aligned}\right\} \quad (17.5.3)$$

Đối với những tàu có giá chữ nhân hệ số dòng theo giảm 30%, hệ số hút giảm 20%.

Đối với tàu đánh cá một chong chóng chạy tự do sườn chữ V và $\delta \geq 0,55$

$$\left.\begin{aligned} w_T &= \left\{0,17 + \left[(\delta/\beta^2) - 0,6\right]^2\right\}\left\{0,94 + 6,0\left[0,7 - (D/T_{KWL})\right]^2\right\} \\ t &= 0,19 + 1,6\left[(\delta/\beta^2) - 0,6\right]^2 + 0,1(K_{DE} - 2,0) \end{aligned}\right\} \quad (17.5.4)$$

trong các công thức: δ – hệ số béo thể tích; D – đường kính chong chóng; T_{KWL} – chiều chìm theo đường nước thiết kế; β - hệ số béo sườn giữa.

Đối với tàu vận tải biển một chong chóng, theo Taylor:

$$\left.\begin{aligned} w_T &= 0,5\delta - 0,05 \\ t &= k_t w_T \end{aligned}\right\} \quad (17.5.5)$$

trong đó: δ – hệ số béo thể tích; k_T – hệ số: $k_T = 0,5 \div 0,7$ khi các thiết bị bố trí sau chong chóng thành tổ hợp thoát nước, $k_T = 0,9 \div 1,05$ cho dạng không thoát nước, $k_T = 0,7 \div 0,9$ cho bánh lái dạng thoát nước.

Đối với tàu vận tải biển hai chong chóng theo Taylor:

$$\begin{aligned} & w_T = 0,55\delta - 0,20 \\ & t = 0,25 w_T + 0,14 : \text{ khi có ống bao trục} \\ & t = 0,25 w_T + 0,06 : \text{ khi có giá chữ nhân} \\ & t \approx w_T \quad : \text{ cho tàu đuôi vòm} \end{aligned} \quad (17.5.6)$$

Đối với tàu vận tải biển, theo Papmiel:

$$w_T = 0,165\delta^x \sqrt{\frac{\sqrt[3]{V}}{D}} - \Delta w_T \quad (17.5.7)$$

trong đó : V — thể tích của tàu, m^3

D - đường kính chong chóng, m

x = 1 cho tàu một chong chóng

x = 2 cho tàu hai chong chóng

ΔW_T lượng hiệu chỉnh do sự tạo sóng

khi $Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}} > 0,2$ thì $\Delta W_T = 0,1\ (Fr — 0,2)$

còn khi $Fr \le 0,2$ thì $\Delta W_T = 0$

Đối với tàu vận tải một chong chóng theo Senher:

$$w_T = 0,12 + 4,5\frac{\chi\varphi B/L}{(7-6\chi)(2,8-1,8\varphi)} + \frac{1}{2}\left(\frac{E}{T} - \frac{D}{E} - q_1 f_1\right) \quad (17.5.8)$$

trong đó: L – chiều dài tàu, m

B – chiều rộng tàu, m

T – chiều chìm tàu, m

D – đường kính chong chóng, m

E – chiều cao trục chong chóng trên mặt phẳng cơ bản, m

χ – hệ số béo thẳng đứng của tàu

φ – hệ sốbéo dọc tàu

f_1 – góc nghiêngcánh chong chóng , độ

q – hệ số: q = 0,3 cho dạng tàu đuôi thông thường

q = 0,5 ÷ 0,6 cho dạng đuôi hình thìa

Đối với tàu vận tải biển hai chong chóng theo Senher:

$$W_T = 2\delta^5(1 - \delta) + 0,2\cos^2\left(\frac{3f_2}{2}\right) - 0,02 \quad (17.5.9)$$

trong đó: f_2 – góc nghiêng của ống bao trục so với mặt phẳng cơ bản.

Cũng tàu vận tải biển hai chong chóng có giá chữ nhân, theo Senher:

$$W_T = 2\,\delta^5\,(1 - \delta) + 0,04 \quad (17.5.10)$$

Đối với tàu nội địa không có vòm đuôi, theo E.E Papmiel:

$$W_T = 0,11 + \frac{0,16}{x}\delta^x\sqrt{\frac{\sqrt[3]{V}}{D}} - \Delta W_T \quad (17.5.11)$$

$t = 0,6W_T(1 + 0,67W_T)$ – cho tàu một chong chóng

$t = 0,8W_T(1 + 0,25W_T)$ – cho tàu hai chong chóng

Các trường hợp tàu có vòm đuôi, lấy $t \approx w_T$.

Một số trường hợp trong thực tế tính toán người ta sử dụng công thức không nói lên mối quan hệ giữa các hệ số tương tác với tải trọng. Để tính toán khả năng khi thay đổi chế độ khai thác của tàu trong trường hợp này có thể sử dụng công thức gần đúng của E.E Papmiel, hệ số hút phụ thuộc vào độ trượt:

$$t = \frac{t_0}{s_1} = \frac{t_0}{1 - [J/(P_1/D)]} \quad (17.5.12)$$

trong đó: t_0 – hệ số hút ở chế độ buộc; P_1/D – tỉ số bước không lực nâng, gần đúng:

$$t_0 \approx t\{1 - [J/(P_1/D)\} \quad (17.5.13)$$

17.6. HIỆU SUẤT CỦA THIẾT BỊ ĐẨY VÀ CÁC THÀNH PHẦN CỦA NÓ

Hiệu quả biến đổi công suất truyền vào chong chóng sang lực kéo được biểu thị bằng hiệu suất đẩy :

$$\eta_D = T_E\ v\ /\ P_D \qquad (17.6.1)$$

trong đó: P_D – công suất truyền vào chong chóng được xác định theo công thức:

$$P_D = Q_B.\Omega = Q_B.2.\pi.n \qquad (17.6.2)$$

trong đó: Q_B – mômen cản quay của chong chóng khi nó làm việc sau thân tàu, Ω – tốc độ góc quay của chong chóng, n – vòng quay của nó.

Như vậy:

$$\eta_D = T_E\ v\ /\ (2\ \pi\ n\ Q_B) \qquad (17.6.3)$$

Thế T và v tương ứng với (17.3.1) và (17.4.6) vào công thức trên ta có:

$$\eta_D = \frac{1-t}{1-w_T}\frac{T_B v_A}{2\pi n Q_B} \qquad (17.6.4)$$

trong đó: T_B – lực đẩy của chong chóng làm việc sau thân tàu.

Biểu thức: $T_B\ v_A\ /\ 2\pi n Q_B$ – là hiệu suất làm việc có ích của chong chóng sau thân tàu.

$$\eta_B = \frac{T_B v_A}{2\pi n Q_B} = \frac{K_{TB}}{K_{QB}}\frac{J}{2\pi} \qquad (17.6.5)$$

trong đó: K_{TB} và K_{QB} – hệ số lực đẩy và mômen khi chong chóng làm việc sau thân tàu.

Khi phân tích ta thấy hệ số lực đẩy của chong chóng làm việc sau thân tàu K_{TB} và hệ số lực đẩy chong chóng làm viếc trong nước tự do sẽ bằng nhau khi bước tiến tương đối bằng nhau. Còn hệ số mômen K_{QB} cũng trong điều kiện tương tự đều khác nhau, chính sự khác nhau đó là do sự ảnh hưởng của trường tốc độ không đồng đều tại đĩa chong chóng. Ảnh hưởng của sự không đồng đều có thể tính gần đúng theo công thức:

$$K_{QB} = i_Q.K_Q \qquad (17.6.6)$$

trong đó: i_Q – hệ số ảnh hưởng của trường tốc độ không đồng đều tới trị số mômen. Lúc bấy giờ:

$$\eta_B = \frac{K_{TB}}{K_{QB}}\frac{J}{2\pi} = \frac{K_T}{K_Q}\frac{J}{2\pi} = \frac{1}{i_Q}\eta_0 \qquad (17.6.7)$$

trong đó: η_0 – hiệu suất làm việc của chong chóng trong nước tự do. Hệ số i_Q – được xác định khi phân tích các số liệu thí nghiệm.

Cuối cùng ta có thể viết:

$$\eta_D = \frac{1}{i_Q}\frac{1-t}{1-W_T}\eta_0 = \frac{1}{i_Q}\eta_H\,\eta_0 \qquad (17.6.8)$$

Đại lượng $\eta_H = \dfrac{1-t}{1-W_T}$ gọi là hiệu suất ảnh hưởng của thân tàu.

Công thức (17.6.8) cho phép sử dụng các kết quả thử chong chóng trong nước tự do để thiết kế chong chóng làm việc sau thân tàu và xác định hiệu suất của chúng chú ý tới ảnh hưởng của thân tàu bằng các hệ số tương tác thuỷ động.

Để tính $1/\ i_Q$ cho tàu một chong chóng ta dùng công thức gần đúng sau:

$$1/\ i_Q = 1 + 0{,}125\ (w_T - 0{,}1)$$

Đối với tàu hai chong chóng có thể lấy $1/\ i_Q = 1{,}0$.

Chương 18
SỰ XÂM THỰC CHONG CHÓNG

18.1. KHÁI NIỆM VỀ XÂM THỰC

Lần đầu tiên vào những năm 90 của thế kỷ XX khi thử các tàu lắp tuốc bin cao tốc người ta đã phát hiện ra hiện tượng xâm thực trong thực tế kỹ thuật. Ví dụ, trong những đợt thử tàu phóng lôi "Đering" của Anh tốc độ thực tế thấp hơn tốc độ tính toán trên ba hải lý, khi ở những tốc độ lớn vòng quay chong chóng tăng lên đột ngột và gây chấn động thân tàu rất mạnh. Khi thử tàu "Tuốcbinha" cũng xảy ra hiện tượng tương tự. Khi phân tích nguyên nhân của các hiện tượng đó người ta giả thiết rằng chúng đều được sinh ra bởi các bọt ở trên cánh. Danh từ "xâm thực" xuất phát từ tiếng Latinh "Cavitas" (khoảng không) do Фруg đề xướng.

Xâm thực là sự phá huỷ tính liên tục của chất lỏng kèm theo việc xuất hiện trên mặt vật thể các hốc chứa đầy hơi nước hoặc không khí. Xâm thực xuất hiện ở những điểm, mà tại đó áp suất cục bộ giảm đáng kể khi chất lỏng chuyển động. Khi áp suất trong chất lỏng nhỏ hơn trị số tới hạn P_{KP} thì tại điểm đó hình thành một hốc chứa đầy hơi nước và không khí. Khi dòng chảy bao quanh vật cản rắn ta dễ dàng nhận thấy hiện tượng này nhất. Đối với tàu thuỷ hiện tượng xâm thực có thể xảy ra trên thiết bị đẩy và trên vật nhô (bánh lái, giá đỡ trục chong chóng).

Kích thước và số lượng hốc phụ thuộc vào hình dạng bọt và mức độ phát triển xâm thực. Hình dạng bọt xâm thực rất khác nhau và có thể chia ra thành nhưng dạng sau:

Bọt xoáy — là hình dạng xâm thực mà trong quá trình của nó các hốc ở các bọt đơn lẻ hoặc liên tục. Kiểu xâm thực này bằng mắt thường có thể trông thấy những xoáy tự do. Các bọt nằm trong các lõi của các xuáy tự do.

Sợi bọt — là loại xâm thực, mà trong quá trình tác động nó tạo ra các hốc theo dạng các bọt tròn hình cầu biệt lập hoặc những bọt li ti gần như hình cầu di chuyển dọc bề mặt vật thể.

Màng sợi — là loại xâm thực, mà trong quá trình tác động nó tạo ra các hốc liên tục có cấu trúc dạng thuỷ tinh cố định trên bề mặt vật thể. Ở phần đuôi vật thể tồn tại một vùng không ổn định, có thể trông thấy dòng nước ngược.

Dạng xâm thực kiểu bọt xoáy hoặc sợi bọt nó đặc trưng cho giai đoạn thứ nhất của xâm thực.

Như trên đã nói, sự xuất hiện xâm thực có liên quan đến sự phá huỷ tính liên tục của chất lỏng. Đối với chất lỏng nguyên chất, các phần tử của chúng liên kết với nhau rất chặt chẽ đến nỗi để phá vỡ nó cần phải có cường độ $200 \div 300.10^4$ Pa. Tuy nhiên các chất lỏng thực thì liên kết giữa các phân tử kém chặt chẽ hơn. Nguyên nhân cơ bản là do trong chúng có các chất khí không hoà tan đóng vai trò hạt nhân xâm thực. Sự tồn tại trong chất lỏng các bọt không hoà tan có thể giải thích rằng các bọt lớn bung lên bề mặt chất lỏng, còn các bọt li ti tồn tại do sự tương tác của các lực căng bề mặt.

Hiện có nhiều giả thiết để giải thích mầm mống của xâm thực, trong đó có định đề thường gặp do Е.Гаръе đề xuất, theo định đề đó thì hạt nhân của chất khí nằm gần bề mặt không thấm ướt của những vật rắn. Do không được thấm ướt nên biên ngăn cách

hướng độ lồi về phía hốc không khí và lực căng bề mặt có thể ổn định được các hạt nhân xâm thực.

Áp suất hơi nước bão hoà, mà được lấy làm áp suất tới hạn phụ thuộc vào nhiệt độ của nước (bảng 18.1)

Bảng 18.1. ***Áp suất hơi nước bão hoà khi nhiệt độ thay đổi.***

^oC	0	5	10	15	20	30	40	50	60	100
P_v, P_α	610	870	1220	1700	2320	4280	7350	12280	19850	101000

Bây giờ ta xét đường dòng trong chất lỏng chảy qua điểm của vật thể, mà tại đó xuất hiện xâm thực khi dòng chảy có một tốc độ nào đó. Chỉ số "0" dành cho các thông số dòng chảy của chất lỏng không bị cảm ứng. Chỉ số "1" cho các thông số của dòng chảy ở điểm nằm trên mặt vật thể. Trong trường hợp này phương trình Bécnuli viết dưới dạng:

$$P_0 + \frac{\rho v_0^2}{2} = P_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} \qquad (18.1.1)$$

Đổi phương trình sang dạng:

$$\frac{P_0 - P_1}{\rho v_0^2 / 2} = \frac{v_1^2}{v_0^2} - 1 \qquad (18.1.2)$$

Ta ký hiệu vế phải là $\overline{p}$. Hệ số giảm áp suất $\overline{p}$ có thể biểu diễn bằng tổng của hai số hạng.

$$\overline{p} = \frac{P_0 - P_v}{\rho v_0^2 / 2} - \frac{P_1 - P_v}{\rho v_0^2 / 2} \qquad (18.1.3)$$

Trị số $\sigma = (P - P_v)/\rho(v^2/2)$ gọi là số xâm thực.

Trị số này là tiêu chuẩn cơ bản để xây dựng mô hình xâm thực.

Ta viết công thức (18.1.3) dưới dạng $\overline{p} = \sigma_0 - \sigma_M$, trong đó:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_0 &= \frac{P_0 - P_v}{\rho v_0^2 / 2} \text{ - số xâm thực của dòng chảy} \\ \sigma_M &= \frac{P_1 - P_v}{\rho v_0^2 / 2} \text{ - số xâm thực cục bộ} \end{aligned}\right\} \qquad (18.1.4)$$

Vì hiện tượng xâm thực xảy ra vào thời điểm khi áp suất tại điểm đã cho của dòng chảy bằng áp suất hơi nước bão hoà $P_1 = P_v$, nên việc xuất hiện xâm thực ứng với trị số $\sigma_M = 0$.

Nếu vào thời điểm xuất hiện xâm thực $\sigma_M = 0$ thì điều kiện để xảy ra xâm thực là $\sigma_0 = \overline{p}$, nghĩa là số xâm thực của dòng chảy bằng hệ số giảm áp suất.

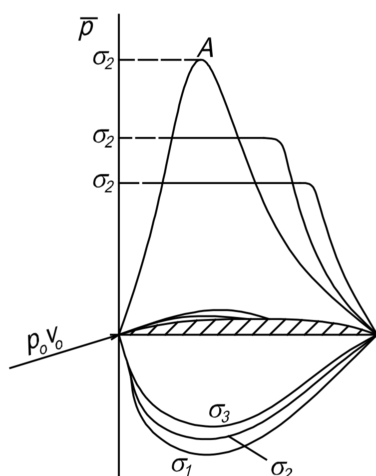
Như vậy xâm thực có thể xảy ra theo số xâm thực bất kỳ, nó sẽ càng cao khi hệ số giảm áp suất càng lớn.

Số xâm thực không phải là tiêu chuẩn duy nhất để lập mô hình xâm thực, đặc biệt ở những hốc dài và dầy cần phải chú ý đến cả ảnh hưởng của số Fr. Khi nghiên cứu các hốc, mà các biên của nó có độ cong lớn cần phải chú ý đến ảnh hưởng của các lực mao dẫn (số beбep). Tuy vậy đối với thiết bị đẩy không cần phải chú ý đến các tiêu chuẩn này. Bài toán khá phức tạp về xâm thực là ảnh hưởng của số Re, vì nó là thông số chủ yếu để xác định chế độ dòng chảy trong lớp biên, nhất là sự thay đổi của số Re có ảnh hưởng tới áp suất tại điểm đã cho của dòng chảy.

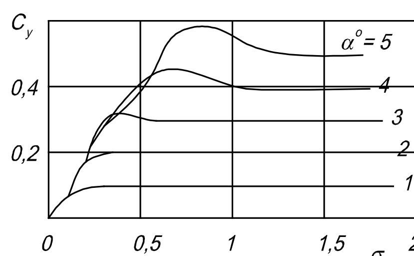
18.2. XÂM THỰC KHI DÒNG NƯỚC BAO CÁC MẶT CHỊU LỰC VÀ CÁC THIẾT BỊ ĐẨY TÀU.

Khi xâm thực hình thành và phát triển trên các cánh chịu lực, mà chúng là những cánh chong chóng ta sẽ thấy được ảnh hưởng của nó đối với lực nâng của cánh.

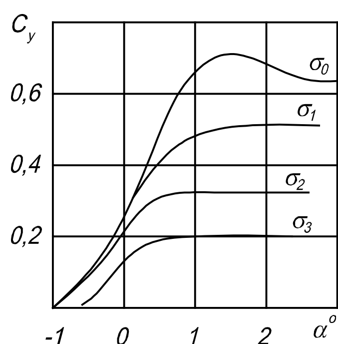
Bây giờ ta xét biểu đồ áp suất trên mặt cánh không bị xâm thực. Ta cho hệ số giảm áp suất mang trị số dương khi áp suất giảm, còn trị số âm khi áp suất tăng (Xem H18.1). Rõ ràng biểu đồ áp suất cho cánh không bị xâm thực không phụ thuộc vào tốc độ dòng bao nó. Khi xuất hiện xâm thực, chẳng hạn tại một điểm A nào đó trên mặt hút của prôphin, áp suất tại đó bằng P_v và khi tốc độ dòng bao tăng lên trị số của nó vẫn không thay đổi.



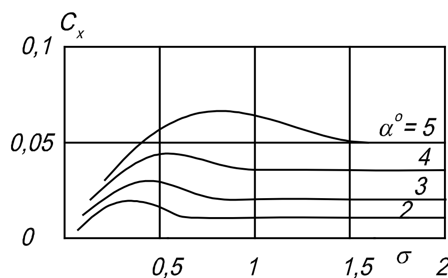
Hình 18.1. ***Biểu đồ thay đổi áp suất khi xâm thực***
p_o - áp suất trong dòng chảy
v_o - tốc độ dòng chảy
$\sigma_1 < \sigma_2 < \sigma_3$ - Các số xâm thực



Hình 18.2. ***Sự phụ thuộc của hệ số C_Y vào số xâm thực σ khi α = const.***

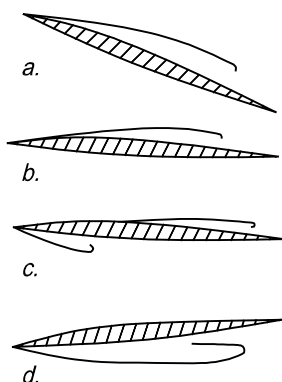


Hình 18.3. ***Sự phụ thuộc cả hệ số C_Y vào góc tới α.***



Hình 18.4. ***Sự phụ thuộc của hệ số C_x vào số xâm thực σ khi α = const.***

Ở giai đoạn đầu của sự phát triển xâm thực diện tích biểu đồ giảm áp suất hầu như không thay đổi (Xem H18.1) và đôi khi vẫn tăng lên. Khi xâm thực tiếp tục phát triển, hốc xâm thực sẽ lan rộng và bao trùm lên toàn bộ mặt hút của cánh, diện tích này bắt đầu giảm xuống. Vì diện tích biểu đồ giảm áp suất xác định trị số của hệ số lực nâng C_Y, nên xâm thực càng phát triển hệ số này càng giảm.



Hình 18.5. ***Sơ đồ bố trí các hốc trên prôfin.***

Hình 18.2 chỉ số ở một góc tới xác định thì sự thay đổi của hệ số lực nâng hoàn toàn phụ thuộc vào số xâm thực σ. Phần phải của đồ thị là các đoạn nằm ngang của các đường cong ứng với trường hợp không xâm thực và giai đoạn đầu của nó. Phần trái của đồ thị là các đoạn cong, nó thay đổi theo quy luật gần tuyến tính, đặc trưng cho xâm thực phát triển. Ngay trước điểm hạ thấp của hệ số lực nâng có thể quan sát được một lượng tăng nào đó của hệ số này, vì nó liên quan với tính chất thay đổi áp suất nói trên. Trị số C_Y chỉ tăng trên cánh có dạng prôphin không đối xứng.

Theo thí nghiệm thì khi không có xâm thực và trong giai đoạn đầu của nó các hệ số lực nâng sẽ tạo thành một đường cong, còn khi xâm thực phát triển mỗi một đường cong sẽ ứng với một số xâm thực (Xem H18.3).

Khi góc tới không đổi hệ số lực cản C_X hơi tăng lên trong giai đoạn đầu của xâm thực và giảm xuống khi xâm thực tiếp tục phát triển (Xem H18.4). Trong tất cả các chế độ xâm thực, chất lượng ngược của cánh vẫn tăng. Theo vị trí của các hốc xâm thực trên prôphin cánh ta có thể phân thành các chế độ như sau:

Khi góc tới lớn và có giá trị dương, các hốc trên prôphin có mép đạp nhọn, đều bắt nguồn ngay gần mép đó (Xem H18.5.a). Trên các prôphin đầu lượn tròn và ứng với những góc tới bé thì các hốc đều bắt nguồn ở phần giữa của prôphin (Xem H18.5.b). Các góc tới ứng với các chế độ (Xem H18.5.b) được gọi là góc đạp không vấp.

Với những góc tới có giá trị âm và bé, thậm chí cả những góc tới bằng không, thì trên các prôphin có độ cong lớn các hốc xuất hiện cùng một lúc ở phần giữa của mặt hút cũng như ở mặt đạp (Xem H18.5.c). Cuối cùng ở những góc tới âm và lớn người ta quan sát được xâm thực trùm lên mặt đạp của cánh và bắt đầu từ mép đạp (Xem H18.5.d).

Nghiên cứu mối quan hệ giữa vùng xuất hiện xâm thực và các đặc tính thuỷ động lực của prôphin ta khẳng định rằng sự xâm thực xuất hiện trên mặt đạp của prôphin giảm đáng kể hệ số lực nâng C_Y và đôi khi thay đổi cả dấu. Với các chế độ tương tự hệ số chất lượng ngược của cánh tăng lên khá mạnh. Trị số nhỏ nhất của hệ số chất lượng ngược của prôphin đã biết người ta vẫn quan sát được ở những góc tới dương và bé.

Tiêu chuẩn chính để xác định thời điểm xuất hiện và phát triển xâm thực của chong chóng là số xâm thực, mà đối với phần tử cánh nó được tình theo tốc độ cục bộ của dòng bao cánh chong chóng.

Tốc độ dòng bao phần tử cánh nằm ở bán kính r, chưa để ý đến các tốc độ cảm ứng bởi chong chóng được viết dưới dạng:

$$v_r = \sqrt{v_A^2 + (2\pi rn)^2} \qquad (18.2.1)$$

Lúc này số xâm thực của phần tử cánh được xác định theo công thức:

$$\sigma_S = \frac{P_0 - P_v}{\rho v_0^2 / 2} = \sigma_0 \frac{1}{1 + \left(\pi \bar{r} / J\right)^2} \tag{18.2.2}$$

Trong đó σ_0 — số xâm thực tính theo tốc độ tiến của chong chóng.

Giữa các số xâm thực σ_S và σ_0 cũng như thời điểm xuất hiện xâm thực không có mối quan hệ ràng buộc; các số xâm thực ứng với thời điểm xuất hiện xâm thực phụ thuộc vào đặc tính hình học và các chế độ làm việc của chong chóng. Vì vậy số xâm thực cho phép xác định được đặc điểm phát triển xâm thực chỉ cho hai chong chóng đồng dạng hình học cũng như làm việc trong các chế độ tương tự.

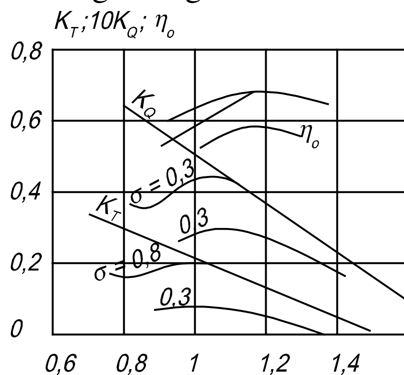
Xâm thực của chong chóng bắt đầu xuất hiện tại những điểm có số lượng giảm áp suất lớn nhất. Các điểm này thường không nằm trên bản thân các cánh, mà ở trong các lõi của các xoáy tự do tách khỏi các đỉnh cánh.

Như vậy trước tiên xâm thực xuất hiện không phải dạng sợi mà là dạng xoáy (Xem H18.1). Càng tăng tốc độ dòng bao song vẫn giữ nguyên bước tiến tương đối thì xâm thực lan rộng trên mặt hút từ đỉnh cánh cho đến chân cánh. Trong đó xâm thực xuất hiện ở những vùng mép đạp hoặc ở giữa prôphin và dần dần lan rộng tới mép đạp hoặc ở giữa prôphin và dần dần lan rộng tới mép thoát. Với trị số tốc độ nào đó toàn bộ mặt hút của cánh bị xâm thực bao trùm và các hốc bắt đầu trải rộng quá giới hạn của mặt đó. Nếu việc tăng tốc độ đi đôi với việc tăng bước tiến tương đối có thể gây ra xâm thực trên mặt đạp. Trong lúc thiết kế chong chóng phải chọn chế độ tính toán phù hợp sao cho xâm thực không xuất hiện ở mặt đạp, song ít nhất là trong những chế độ làm việc chính của chong chóng.

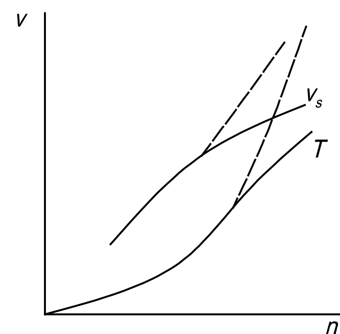
Xâm thực mặt hút của cánh có thể ở dạng bọt hoặc màng sợi. Trong những trường hợp khi xâm thực bắt đầu từ những xoáy đỉnh và từ mép đạp thì xâm thực đó thường là dạng màng sợi. Xâm thực bọt và phát sinh ở phần giữa cánh thường đặc trưng cho chong chóng.

Ở giai đoạn đầu của xâm thực không quan sát được sự thay đổi các đặc tính thuỷ động lực của chong chóng nên người ta gọi giai đoạn này là giai đoạn thứ nhất của xâm thực. Bình thường người ta chỉ thấy sự thay đổi các đặc tính thuỷ động lực khi xâm thực hầu như bao trùm toàn bộ mặt hút của cánh, tương tự được gọi là giai đoạn thứ hai.

Sự thay đổi các đặc tính thuỷ động lực của chong chóng chủ yếu ảnh hưởng đến các hệ số C_Y,C_X của các phần tử tạo nên cánh. Hệ số chất lượng ngược của phần tử cánh bị xâm thực lớn hơn trường hợp không bị xâm thực, dẫn tới việc làm giảm hệ số lực đẩy, hệ số mômen và hiệu suất làm việc của chong chóng. Các đường cong làm việc của chong chóng với các số xâm thực khác nhau (Xem H18.6).



Hình 18.6. ***Các đường cong làm việc của chong chóng xâm thực.***



Hình 18.7. ***Sự phụ thuộc của tốc độ tàu và lực đẩy của chong chóng vào vòng quay của chong chóng***

Cần phải chú ý rằng gần các điểm, mà tại đó các hệ số lực đẩy và mômen bắt đầu giảm xuống rồi sau đó nhất thời tăng lên, nó thường đặc trưng cho các prôphin không đối xứng, có thể có lượng tăng cục bộ hệ số lực nâng C_Y ngay trước lúc bắt đầu giảm nó, bởi lẽ có ảnh hưởng của xâm thực.

Sự thay đổi các đường cong làm việc của chong chóng, cụ thể là giảm các đặc tính thuỷ động lực khi bị xâm thực buộc phải tăng vòng quay của chong chóng để đạt được lực đẩy đã cho. Hình 18.7 trình bày sự phụ thuộc của lực đẩy, tốc độ tàu vào vòng quay khi có và không có xâm thực. Khi xâm thực phát triển mạnh việc tăng vòng quay nói chung có thể không tăng được lực đẩy của chong chóng và tốc độ tàu.

18.3. TIẾNG ỒN DO XÂM THỰC VÀ ĐỘ ĂN MÒN CHONG CHÓNG.

Ngay trong giai đoạn thứ nhất của xâm thực tiếng ồn tăng lên đột ngột khi chong chóng làm việc và có thể các cánh của nó bắt đầu bị phá huỷ. Bản chất của các hiện tượng này gần nhau và có liên quan đến áp suất sinh ra khi các bọt xâm thực bị nổ vỡ (nổ đôm đốp).

Xâm thực là một quá trình không ổn định, nhờ nó người ta xác định được tiếng ồn do xâm thực gây nên. Tiếng ồn do xâm thực, về nguyên tắc đặc biệt hơn các tiếng ồn có nguồn gốc xuất xứ khác, trong đó cường độ của nó phụ thuộc vào hình dạng và mức độ phát triển xâm thực. Song song với tiếng nổ đôm đốp của các bọt, nguồn gốc của tiếng ồn xâm thực là sự giao động của các bọt khi chuyển động trong trường áp suất biến thiên. Với lượng lệch pha xác định so với sự thay đổi áp suất theo chu vi hốc sẽ giao động và là nguồn bức xạ rất có hiệu lực, trong đó hiệu quả của nguồn này càng cao hàm lượng không khí của dòng chảy càng thấp.

Khi hàm lượng không khí thấp gần một nửa thế năng của hốc có thể chuyển sang năng lượng âm thanh. Đối với các hốc đơn độc được coi là quá trình xâm thực cơ bản, độ bức xạ âm thanh được đặc trưng bằng phổ liên tục với cực đại nằm ở vùng có tần số:

$$f_m = \frac{1}{d_0}\sqrt{\frac{P_\infty}{P}} \qquad (18.3.1)$$

Trong đó: d_0 — kích thước lớn nhất của hốc.

Như đã thấy từ công thức, khi tăng các kích thước của hốc cực đại sẽ dời vào vùng tần số thấp. Phổ cho biết trong vùng tần số thấp thì lượng âm thanh 6 — 12 dB cho một octa, và trong vùng tần số cao (10^2 KHz và cao hơn) lượng giảm âm thanh không được quá 6 dB cho một octa.

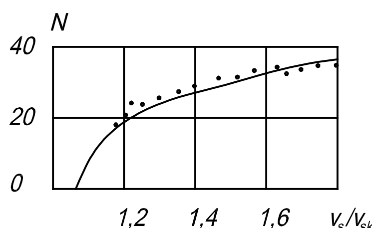
Các tính toán bức xạ âm thanh do xâm thực cho thấy rằng dãy không điều hoà của các quá trình xâm thực cơ bản có cùng phổ như phổ của hốc đơn độc.

Sự phụ thuộc của tiếng ồn xâm thực tới tốc độ tàu có tính chất phức tạp. Theo các số liệu tính toán trong giai đoạn đầu xâm thực lượng tăng âm thanh khi tăng tốc độ tàu và khi xâm thực phát triển có thể xảy ra hiện tượng bão hoà và giảm mức độ tiếng ồn một lượng nào đó (Xem H18.8).

Tốc độ tàu v_{SK}, mà tại đó bắt đầu xảy ra hiện tượng xâm thực chong chóng có thể xác định theo các đồ thị xâm thực. Để đánh giá gần đúng ta có thể dùng công thức:

$$v_{SK} = 28\sqrt{\frac{1+0,1h_0}{1+\left(\pi^2/J\right)}} \qquad (18.3.2)$$

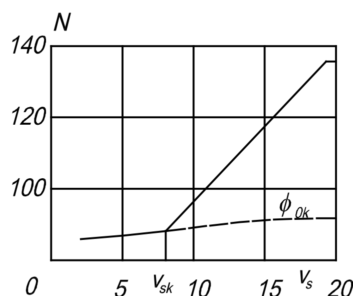
Trong đó: h_0 - Độ ngập sâu của trục chong chóng dưới mặt nước tự do (Xem H18.9)



Hình 18.8. ***Sự tăng mức độ tiếng ồn do xâm thực***

___________ tính toán

• • • • thí nghiệm



Hình 18.9. ***Sơ đồ xác định tốc độ tới hạn.***

Để đánh giá mức tổng hợp chung của tiếng ồn xâm thực trong suốt giới hạn tần số từ 0,1 KHz có thể sử dụng công thức:

$$L_{f>0,1} = 91 + \lg v + 10\lg(Z_p Z/4) \quad (18.3.3)$$

Trong đó $v = 0,514\sqrt{1+(\pi^2/J)}v_S$ - tốc độ dòng bao các đỉnh cánh.

Theo định luật giảm mức phổ âm thanh khi tăng tần số đặc trưng cho tiếng ồn xâm thực, mức độ tổng hợp chung $L_{f>0,1}$ có liên quan đến mật độ phổ bằng công thức:

$$G = L_{f>0,1} + 2,0 + 20\lg f \quad (18.3.4)$$

Sự xâm thực cánh chong chóng đã gây lên hiện tượng rỗ xâm thực. Nó là sự xâm phạm cục bộ bề mặt cánh chong chóng, phát ra các màu tựa màu bị ôxi hoá. Sau đó xuất hiện các lỗ châm kim và khe rãnh làm tăng độ nhám bề mặt — vết rỗ xuất hiện. Tiếp tục trên cánh hình thành các lỗ sâu và từ đó bắt đầu cào ra những mẩu kim loại. Khi rỗ phát triển mạnh nó có thể tạo nên lỗ xuyên suốt và cánh hoàn toàn bị phá vỡ. Người ta đã biết những trường hợp với sự xâm phạm tương tự xảy ra trong khoảng 8 — 10 giờ làm việc của chong chóng. Theo vị trí trên cánh ta có thể phân ra ba kiểu rỗ:

Rỗ chân cánh — nằm ở các mặt cắt sát chân trên mặt hút hoặc đạp của cánh và đôi khi trùm lên cả củ. Rỗ xuất hiện theo dạng khe rãnh với độ dài tương đối lớn (tới 60 ÷ 80% chiều dài của mặt cắt sát chân).

Rỗ mép — sảy ra ở khu vực của các mép thoát hoặc ở các mặt cắt sát đỉnh. Rỗ trông thấy ở dạng vết mẻ mép hoặc các lỗ thủng xuyên suốt.

Rỗ vành (chu vi) — nằm trên các mặt cắt theo chu vi ở phía mặt hút và đạp theo dạng vết lõm đơn độc hoặc dải lõm. Cường độ phát triển rỗ loại này thường thấp hơn rỗ sát chân, nhưng do chiều dày của các mặt cắt ở những bán kính sát đỉnh bé nên có thể gặp nguy hiểm đáng kể.

Rỗ do xâm thực giảm bớt thời gian khai thác của chong chóng nên việc nghiên cứu bản chất vật lý và tìm biện pháp phòng chống nó phải được hết sức quan tâm.

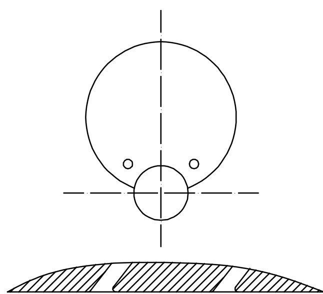
Hiện nay một định đề được mọi người chấp nhận về bản chất cơ tính của hiện tượng rỗ, theo định đề này sự xâm phạm là hậu quả bào mòn kim loại dưới tác dụng của các áp suất cao khi các bọt bị vỡ. Sự xâm phạm diễn ra trong vùng khép kín của hốc xâm thực, trong đó cường độ của nó tăng lên khi kích thước của hốc giao động theo thời gian do góc tới thay đổi hoặc vì những nguyên nhân khác.

Hiện nay có nhiều phương pháp phòng chống xâm thực chong chóng. Phương pháp hiện hữu nhất là chế tạo những chong chóng bằng những vật liệu có tính chịu rỗ cao nhất.

Tuy nhiên trong thực tế việc tăng sức bền vật liệu chỉ có tác dụng khi quá trình rỗ có cường độ yếu. Vì vậy phương pháp phòng chống rỗ mạnh chủ yếu vẫn là cách hiệu chỉnh các yếu tố hình học của chong chóng. Cụ thể sự hiện diện của các vết rỗ thủng trên mặt đạp là do độ cong thừa hoặc bước quá bé. Trong trường hợp này việc giảm độ cong và tăng bước không những tránh được rỗ thủng mà còn có khả năng thêm hiệu suất của chong chóng.

Rỗ mặt hút của cánh có thể tránh được bằng cách tăng thêm xâm thực cho cánh, nghĩa là cho xâm thực bao trùm hết toàn bộ cánh bằng cách giảm chiều rộng của nó.

Khi không thể giảm được tỷ số đĩa, cũng có thể làm yếu rỗ bằng cách giảm kích thước của hốc, việc này vẫn nhận được bằng cách tăng số lượng cánh.



Hình 18.10. ***Lỗ chống rỗ.***

Rỗ chân ở mặt hút thường không thể tránh được nếu cánh chong chóng có độ nghiêng lớn. Vì thế để chống rỗ người ta áp dụng các lỗ chống rỗ (Xem H18.10) để tăng thêm xâm thực và cho hốc vượt quá giới hạn của cánh. Bằng cách đó tránh được vết rỗ thủng mạnh nhất.

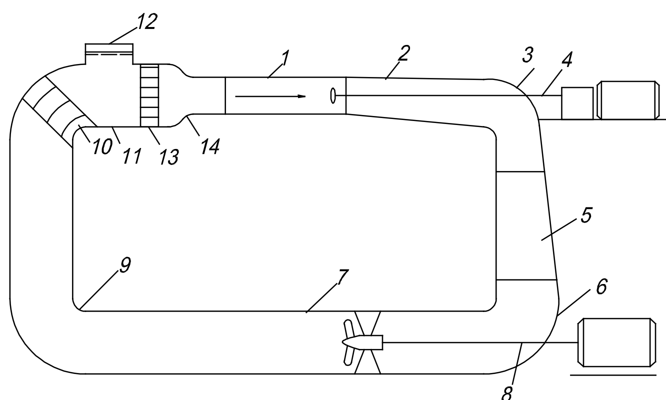
Để tránh rỗ thủng người ta cũng lợi dụng cách cung cấp không khí cho các hốc, nó sẽ cản phá được quá trình vỡ hốc.

Biện pháp làm giảm bớt rỗ có hiệu quả là san đều trường áp suất ở đĩa chong chóng, tính chất này phải được chú ý khi gia công lần cuối các vật nhô.

Trong những trường hợp khi không thể tránh được rỗ có hiệu quả cần phải xác định thời hạn sử dụng an toàn của chong chóng. Do đó cần phải xây dựng các tiêu chuẩn và các phương pháp mài sạch rỗ ở chong chóng. Các tiêu chuẩn nói trên xuất phát từ đề nghị là chong chóng có thể khai thác không cần sửa chữa cho tới lúc vết thủng rỗ chưa đạt tới nửa chiều dày của cánh.

Khi dự đoán các hư hỏng vì rỗ người ta dựa vào kết quả đo chiều sâu vết rỗ thủng sau một chu kỳ khai thác quy định của chong chóng. Cần chú ý rằng việc hàn đắp các vết thủng sẽ ảnh hưởng sấu tới cơ tính của vật liệu cánh, và khi vá đi vá lại nhiều lần dễ xảy ra nguy hiểm vì gẫy cánh.Vì vậy không nên tiến hành công việc sửa chữa trước thời hạn những lỗ thủng bé nhỏ không đáng kể.

18.4. DỰ ĐOÁN XÂM THỰC CHONG CHÓNG.



Hình 18.11. ***Sơ đồ ống thử xâm thực.***

Phương pháp dự đoán xâm thực chong chóng có hiệu quả nhất là thử mô hình trong ống thử hoặc bể thử xâm thực.

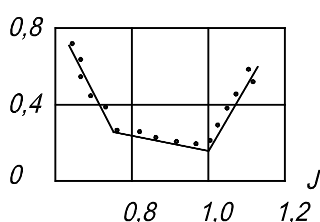
Ống thử xâm thực (Xem H18.11) là một ống hình vòng khép kín, kín khí, kín nước với mặt cắt biến đổi và đặt thẳng đứng. Trong kênh nằm ngang cao nhất của ống bố trí đoạn thao tác 1, ở đó trên trục nằm ngang người ta lắp mô hình chong chóng cần thử. Trong đoạn thao tác, tại đây ống có mặt cắt ngang nhỏ nhất, tốc độ dòng chảy lớn nhất, còn áp suất và số xâm thực nhỏ nhất. Đoạn công tác được khoét miệng và các cửa sổ để lắp ráp và theo dõi mô hình. Ngay sau đoạn thao tác theo dòng chảy xuống phía dưới đặt đoạn ống khuếch tán 2, mặt cắt của nó tăng đều theo hướng dòng chảy, nghĩa là ở đây áp suất tăng và tốc độ giảm. Khuỷu lượn tròn thứ 3 đảm bảo việc chuyển tiếp từ kênh nằm ngang sang kênh thẳng đứng của ống, ngoài ra người ta luồn vào ống trục mô hình chong chóng 4. Phần thẳng đứng 5 có thể có dạng hình trụ hoặc chóp cụt (tuỳ theo kết cấu của ống khuếch tán). Qua khuỷu lượn thứ hai 6 thường luồn trục vành cánh bơm 8 nằm ở đoạn nằm ngang dưới cùng 7. Việc bố trí bơm ở phần dưới của ống phải cố gắng sao tránh được cánh bơm khỏi xâm thực vì ở đó áp suất tăng cao. Kênh nằm ngang được đấu vào khuỷu 3 của ống 9. Sau khuỷu thứ ba đoạn thẳng đứng cuối cùng thường có dạng hình trụ tròn, nhưng trong một số trường hợp bộ khuếch tán vẫn kéo dài lên cả đoạn ống đó. Sau khuỷu thứ tư 10 là đoạn nằm ngang 11, mà ở đầu cuối được lắp bộ nắn dòng để tránh dòng bị cuộn và để làm đồng đều dòng nước đó. Giữa bộ nắn dòng và đoạn thao tác đặt một ống loe 14 (bộ khuếch tán) có mặt cắt thay đổi đột ngột dọc theo chiều dài. Chức năng của ống loe là đảm bảo độ đồng đều của dòng chảy, tăng tốc độ của dòng và giảm áp suất tĩnh.

Trong vùng khuỷu thứ nhất đặt thiết bị đo trên dầm hẫng để theo dõi các đặc tính thuỷ động lực của chong chóng. Trong thiết bị đó gồm có thiết bị đo lực đẩy và mômen trên trục chong chóng và đồng hồ đo vòng quay. Cũng trên dầm hẫng đó hoặc trên bệ riêng đặt động cơ điện để quay mô hình chong chóng.

Như trên đã nói, tiêu chuẩn cơ bản để lập mô hình xâm thực là số xâm thực σ. Trong ống xâm thực tốc độ được điều chỉnh bằng cách thay đổi vòng quay của bơm, còn điều chỉnh bằng cách tạo ra chân không trong hầm đặc biệt 12 nằm ở khuỷu thứ ba.

Trong quá trình thử mô hình người ta tiến hành công việc đo lực để xác định các đặc tính thuỷ động lực của chong chóng khi có xâm thực và ghi điểm khởi đầu của giai đoạn xâm thực thứ hai, đồng thời quan sát bằng mắt thời gian hình thành và phát triển xâm thực. Các đợt thử để đo lực thường được tiến hành khi cho tốc độ dòng chảy trong ống xâm thực cố định và số xâm thực khác nhau, mà chúng được xác định bằng thiết bị tạo chân không đặt ở đoạn thao tác của ống(Xem H18.11). Đôi khi các đợt thử được tiến hành với vòng quay cố định và tốc độ dòng thay đổi. Trong trường hợp này số xâm thực được tính theo công thức:

$$\sigma_n = \frac{2(P_0 - P_v)}{\rho n^2 D^2} \tag{18.4.1}$$



Hình 18.12. ***Đồ thị xâm thực***

____ tính toán

. . . . thí nghiệm

Song song với các đợt thử lực người ta còn theo dõi bằng mắt để xây dựng các đồ thị xâm thực, dạng của đồ thị đó (Xem H18.12). Nhánh trái của đồ thị ứng với bước tiến bé của chong chóng được xác định bằng xâm thực kiểu xoáy hoặc xâm thực ở mặt hút gần mép đạp của cánh. Phần thấp nhất của đồ thị thường đặt căn bậc hai của số xâm thực tới hạn σ_t; được tính:

$$\sigma_t = \frac{2(P_0 - P_v)}{\rho\pi^2 n^2 D^2} \tag{18.4.2}$$

Từ đồ thị ta thấy số xâm thực tới hạn phụ thuộc khá nhiều vào chế độ làm việc của chong chóng.

Khi xây dựng đồ thị xâm thực thường người ta giả thiết chế độ làm việc của chong chóng theo bước tiến tương đối và thay đổi số xâm thực bằng cách điều chỉnh áp suất trong ống xâm thực. Như vậy, về nguyên tắc hình ảnh của xâm thực không ghi theo thời điểm xuất hiện mà ghi theo sự biến mất xâm thực dạng này hoặc dạng khác.

Qua các đợt thử lực kết hợp với quan sát bằng mắt cho phép nhận được các số liệu sau đây cần cho việc thiết kế và tính chong chóng:

Thời điểm xuất hiện xâm thực và tính chất phát triển của nó khi tăng tốc độ của tàu (giai đoạn thứ nhất).

Thời gian bắt đầu thay đổi các đặc tính thuỷ động lực do ảnh hưởng của xâm thực (giai đoạn thứ hai).

Các đặc tính thuỷ động lực của chong chóng khi xâm thực phát triển ở các mức độ khác nhau.

Mặc dù ở giai đoạn thứ nhất của xâm thực, ảnh hưởng của nó tới các đặc tính thuỷ động lực vẫn chưa xuất hiện, nhưng dạng xâm thực này vẫn nguy hiểm, về mặt rỗ và ồn cũng như tăng thêm giao động. Vì vậy trong quá trình thiết kế cần phải có biện pháp để xâm thực không sảy ra trong các chế độ làm việc của chong chóng. Vì xâm thực xuất hiện do $\overline{p}$ vượt quá trị số tới hạn nào đó nên phải giảm $\overline{p}$. Với hệ số C_Y đã biết thì phải làm cho biểu đồ giảm áp suất rất đồng đều hoặc giảm hệ số C_Y do cánh tạo ra.

18.5. THIẾT KẾ CHONG CHÓNG XÂM THỰC.

Khi thiết kế chong chóng thường cho trước lực đẩy cần thiết, vì vậy lực đẩy của phần tử cánh phải tìm theo công thức:

$$dT = Z(\rho/2)C_Y b v_R^2 \cos\beta_i (1 - \varepsilon tg\beta_i)dr \tag{18.5.1}$$

Như vậy hệ số C_Y có thể thay đổi khi giữ nguyên lực đẩy dT chỉ bằng cách tăng chiều dài dây cung b, mà với chong chóng nói chung nó tương ứng với lượng tăng tỷ số đĩa.

Những dữ liệu về việc xuất hiện và phát triển xâm thực vẫn cần thiết cho việc lựa chọn tỷ số đĩa. Theo nguyên tắc việc lựa chọn tỷ số đĩa để loại trừ việc xuất hiện giai đoạn thứ nhất của xâm thực có thể thực hiện được. Trong những điều kiện đó các số liệu và điểm khởi đầu giai đoạn thứ hai của xâm thực chong chóng có ý nghĩa quan trọng.

Hiện nay người ta biết được số lượng lớn công thức và đồ thị để xác định tỷ số đĩa không sảy ra giai đoạn xâm thực thứ hai trong lúc bắt đầu thiết kế.

Trong thực tế ở Nga, người ta áp dụng rộng rãi công thức:

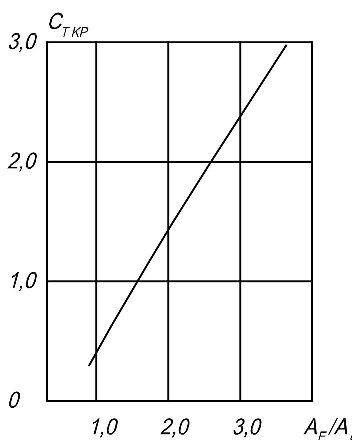
$$\frac{A_E}{A_0} = \frac{(1{,}5 + 0{,}35Z)T}{(P_a + \rho g h_0 - P_v)D^2} + \frac{0{,}2}{Z_p} \tag{18.5.2}$$

Trong đó: h_0 - Độ ngập sâu của trục chong chóng dưới mặt nước tự do.

Z_p — số lượng trục chong chóng.

Công thức này cho tỷ số đĩa với một lượng dự trữ cần thiết.

Cũng nhằm mục đích này ta có thể dùng đồ thị do M.A Маьлюдоьшй đề nghị (Xem H18.13).



Hình 18.13. ***Đồ thị để lựa chọn A_E/A_o.***

Trên đồ thị này hệ số tải trọng của chong chóng theo lực đẩy ứng với giai đoạn thứ hai của xâm thực được xây dựng theo tích số $\sigma(A_E/A_0)$. Khi sử dụng đồ thị này nên lấy hệ số tải trọng tính toán với lượng dự trữ 15 ÷ 20%.

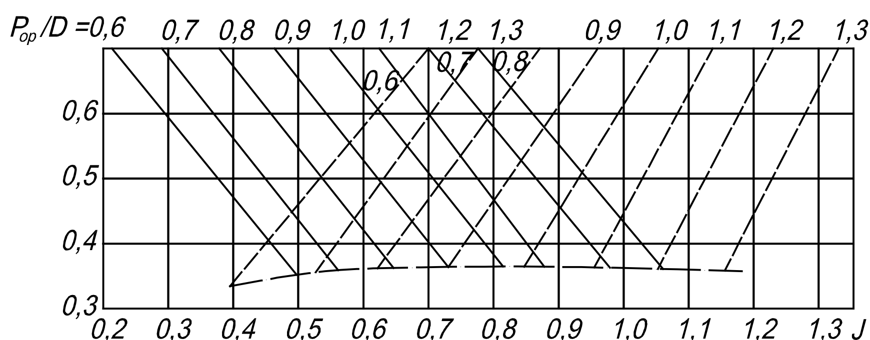
Tỷ số đĩa được xác định theo cách này phải coi là đại lượng gần đúng bậc nhất nên cần điều chỉnh nó trong các giai đoạn thiết kế tiếp theo.

Việc sử dụng công thức (18.5.2) và đồ thị (Xem H18.14) vẫn chưa chắc đảm bảo được việc không xuất hiện các dạng xâm thực trên cánh, nhất là khi nó làm việc trong dòng không đồng đều. Những bộc phát chu kỳ đó vừa không làm thay đổi cơ bản các đặc tính của chong chóng vừa có thể là nguồn gốc của tiếng ồn, giao động và rỗ cánh. Để tránh các hậu quả xấu đó khi thiết kế chong chóng cần phải đặc biệt lưu ý tới việc định dạng prôphin của các cánh, xác định chiều rộng và tỷ số bước của chong chóng.

Số xâm thực ứng với thời điểm bắt đầu xâm thực các dạng trong dòng chảy và trên các cánh chong chóng làm việc trong dòng đồng nhất có thể xác định bằng đồ thị hình 18.14, được xây dựng theo các số liệu thử hàng loạt các mô hình trong ống xâm thực.

Chọn dạng prôphin cánh có ảnh hưởng lớn tới thời điểm xuất hiện xâm thực. Việc áp dụng dạng prôphin có chiều dày lớn nhất nằm ở vùng tâm dây cung prôphin vẫn đảm bảo tránh được xâm thực so với dạng prôphin hàng không.

Việc tăng số lượng cánh trong cùng tỷ số đĩa đó sẽ tăng chiều dày tương đối của prôphin và giảm các tính chất xâm thực. Việc chọn đường bao cánh hình lưỡi đao có khả năng cải thiện được các tính chất xâm thực của chong chóng, mà ảnh hưởng tốt của nó được thể hiện khá rõ ràng trong dòng không đồng đều. Một biện pháp quan trọng để tránh xâm thực dạng xoáy ta thiết kế bước giảm dần tới đỉnh cánh, để giảm bớt tải trọng và giảm cường độ của các xoáy.



Hình 18.14. ***Đồ thị để xác định thời điểm bắt đầu xâm thực các dạng trên cánh chong chóng***

____ xoáy đỉnh ở mặt hút

_ _ _ xâm thực mép từ mặt đạp

__ __ xâm thực bọt trên mặt hút.

Chương 19
CƠ SỞ LÝ THUYẾT XOÁY VỀ CHONG CHÓNG

NHỮNG NHẬN ĐỊNH BAN ĐẦU, HỆ THỐNG XOÁY CỦA CÁNH VÀ CHONG CHÓNG

Lý thuyết dòng chảy được trình bày ở chương 15 theo các giả thiết đã nhận được vẫn chưa cho phép chú ý đến ảnh hưởng tới trường tốc độ của những thông số quan trọng như số lượng cánh, tỷ số đĩa, dạng mặt cắt cánh của chong chóng lý tưởng. Ngoài ra nó vẫn không cho phép xác định được sự phân bố áp suất trên bề mặt của cánh, mà khi đánh giá các tính chất xâm thực của chong chóng tàu thuỷ người ta cần đến — Lý thuyết xoáy của chong chóng, mà hiện nay được coi là hệ thống trọn vẹn của những mô hình toán học khác nhau về mức độ phức tạp, cho phép giải được những bài toán này và đảm bảo việc thiết kế hợp lý các chong chóng.

Nội dung của lý thuyết xoáy về chong chóng gói gọn vào việc là sự tương tác lý tưởng của chong chóng với chất lỏng bao quay trong khuôn khổ mô hình toán học có thể thay bằng sự tương tác của hệ thống xoáy liên kết và tự do tương đương chong chóng với chất lỏng không nhớt. Sự có mặt của các xoáy tự do nằm trong vết sau chong chóng và bên ngoài cánh của nó xưa kia chưa được biết đến và chỉ vào năm 1912 do H.E мукоьскшй dựa theo bức ảnh của Флам mới được xác nhận là một hiện tượng vật lý quan trọng. Bằng phương pháp chụp ảnh vết sau chong chóng đang làm việc trong nước Флам (1908) đã nhận được bức ảnh giống như bức ảnh (Xem H18.1) ở đây do ánh sáng yếu, song vẫn chụp được hình ảnh hầu như tức thời của dòng chất lỏng nhớt. Trên ảnh đó ta phân biệt rõ được ba đường xoắn xuất phát từ đỉnh cánh và kéo dài theo dòng chảy, đồng thời còn một đường thẳng xuất phát từ đỉnh củ dọc theo trục chong chóng. Đó chính là những xoáy tạo lên hệ xoáy tự do của chong chóng, phải chăng chúng được hiện lên rõ ràng nhờ những bọt không khí nằm trong vùng giảm áp, nghĩa là dọc theo trục chong chóng. Các xoáy xuất phát từ các đỉnh cánh gọi là xoáy đỉnh, chúng được tạo nên nhờ chuyển động của chất lỏng chảy từ mặt đạp của cánh, nơi áp suất cao tới mặt hút, nơi áp suất thấp. Ở dòng bao cánh ta vẫn quan sát được quá trình hoàn toàn tương tự, nhưng trong trường hợp này xoáy đỉnh rất đơn giản, hầu như có dạng đường thẳng.

Xoáy dạng đường thẳng xuất phát từ củ gọi là xoáy dọc trục. Xoáy đó được tạo nên bởi chuyển động của chất lỏng trong hướng quay từ mặt đạp tới mặt hút của cánh kề bên, vì sự có mặt của củ đã ngăn cản chuyển động của chất lỏng theo hướng bán kính. Hệ xoáy thực tế của chong chóng phức tạp hơn nhiều. Ngoài những xoáy trông thấy như: tự do, xoáy đỉnh và dọc trục còn các xoáy tự do xuất phát từ mỗi đỉnh của mép sau của cánh. Các xoáy đó tạo thành màng, gọi là màng xoáy tự do, không ổn định và qua các đợt thí nghiệm cho biết rằng càng xa chong chóng nó càng cuộn lại và nhập với xoáy đỉnh và xoáy dọc trục.

Lượng giảm áp suất trên màng này không đủ để tạo ra các bọt không khí với kích thước thấy được, vì vậy màng xoáy tự do không hiện lên bức ảnh đã nói trên. Hệ xoáy thực tế của chong chóng vừa nói trên phải khác với sơ đồ được chấp nhận trong các mô hình toán học của lý thuyết xoáy về chong chóng.

Để rõ ràng hơn, do tính tương tự đã nói trên giữa hệ xoáy của cánh kích thước hữu hạn và chong chóng ta xét đồng thời một loạt các sơ đồ được dùng để lập mô hình toán học.

Từ lý thuyết cơ thuỷ khí cánh phẳng hoặc cánh chong chóng có thể thay bằng hệ xoáy tương đương gồm các xoáy liên kết và xoáy tự do. Các xoáy liên kết di chuyển trong chất lỏng phù hợp với quy luật chuyển động đã biết của vật thể, ví dụ cánh, mà chúng thay thế. Các xoáy đó phải chịu tác dụng của các lực từ phía chất lỏng. Các lực này tương ứng với các lực áp suất xảy ra trên các vật rắn tương đương. Để cân bằng chúng trong lý thuyết xoáy người ta giả thiết là có mặt các lực khối bên ngoài không có thế để giữ các xoáy liên kết ở tư thế cân bằng. Nếu mỗi cánh hoặc cánh phẳng có độ dang hữu hạn được lập sơ đồ bằng một xoáy liên kết thì mô hình toán học tương ứng gọi là lý thuyết đường chịu lực. Nếu các xoáy liên kết nằm liên tục hoặc rời rạc trên bề mặt, được gọi là mặt gối tựa thay cho cánh phẳng hoặc cánh chong chóng thì mô hình toán học tương ứng gọi là lý thuyết mặt chịu lực. Như vậy chiều dày của cánh có thể đươc chú ý bằng cách phân bố tương ứng một lớp nguồn trên mặt đó.

Phương pháp khác — phương pháp phi tuyến là dựa vào việc các xoáy liên kết đều nằm trên mặt hút và đạp của cánh để có thể xét được chiều dày mà không cần dùng đến lớp nguồn.

Các xoáy tự do, như đã nói ở trên, được dùng để lập mô hình vết xoáy; bắt buộc tồn tại trong cả chất lỏng lý tưởng không nhớt, trong trường hợp khi trên vật thể ba chiều đang xét xuất hiện lực nâng. Các xoáy tự do nằm ngoài vật thể mà ta đang xét chuyển động của nó, hình dạng và cường độ của các xoáy đó chưa được biết trước nên trong trường hợp cụ thể phải xác định trong lúc giải bài toán tương ứng. Như vậy để làm điều kiện cơ bản cần phải đặt yêu cầu là giữa các xoáy đó và dòng chất lỏng không có sự tương tác về lực. Do có điều kiện này nên tốc độ di chuyển của một phần tử xoáy tự do đối với chất lỏng bắt buộc phải bằng không. Trong trường hợp chuyển động ổn định các đường xoáy trùng với đường dòng tương ứng. Khi ta xét chuyển động không ổn định, ngoài các xoáy tự do nói trên còn xuất hiện các xoáy tự do lấy đà, được gọi là xoáy tự do không ổn định. Sau này ta chỉ xét các xoáy tự do ổn định.

Khi dạng của các xoáy tự do được xác định trong quá trình giải bài toán thuỷ động lực có để ý đến tốc độ cảm ứng thì mô hình toán học tương ứng được gọi là sơ đồ phi tuyến của vết xoáy. Nếu dạng xoáy tự do được cho trước và không phụ thuộc vào tốc độ cảm ứng thì mô hình toán học được gọi là sơ đồ tuyến tính của vết xoáy. Việc tuyến tính hoá bài toán cho phép giải bài toán hoàn toàn đơn giản.

Hình 19.1 và 19.2 trình bày các sơ đồ xoáy đã được biết đến của cánh phẳng kích thước hữu hạn. Hình 19.1.a là sơ đồ đơn giản nhất được tạo ra bởi xoáy hình chữ П, mà theo định lý Гелбмго – лбц thứ nhất cường độ của nó cố định theo chiều dài. Hình 19.1.b — sơ đồ đường chịu lực gồm có một xoáy liên kết đơn độc và một mặt xoáy liên tục của các xoáy tự do xuất phát từ đó. Sơ đồ này cũng được coi là một tập hợp các xoáy hình П sơ cấp có độ dang khác nhau (Xem H19.1.c).

Trường hợp, khi các xoáy tự do thẳng trùng với đường dòng không cảm ứng, sẽ ứng với sơ đồ tuyến tính của vết xoáy. Việc tính toán hình dạng thực tế và hướng tách xoáy tự do có kết hợp với các tốc độ cảm ứng của chúng cho phép nhận được các sơ đồ phi tuyến khác nhau của vết xoáy, ví dụ sơ đồ, mà tại đó các xoáy làm một góc α_3 với mặt phẳng chuyển động của cánh phẳng (Xem H19.2.a). Sự phân bố xoáy liên tục hoặc xoáy rời rạc trên toàn bộ mặt gối tựa — là giản đồ của cánh phẳng — tương ứng với bề mặt chịu lực. Trong trường hợp này cũng lý thuyết đường chịu lực, mô hình tuyến tính của vết tương ứng với sự tách các xoáy tự do trong mặt phăng chuyển động của cánh phẳng (Xem H19.2.b).

Dựa vào sự tương tự giữa cánh phẳng và cánh chong chóng đã nói trên, các mô hình toán học của lý thuyết cánh phẳng đã xét đều có sự tương tự tương ứng với lý thuyết chong chóng. Hình 19.3 là ví dụ mô tả sơ đồ xoáy của chong chóng bốn cánh, tương tự với sơ đồ xoáy hình chữ Π (Xem H19.1.a) cho cánh phẳng. Ta thấy rằng sơ đồ này gồm bốn xoáy liên kết cường độ cố định theo bán kính, bốn xoáy đỉnh tự do hình xoắn bán vô hạn và một xoáy tự do thẳng dọc trục. Xoáy thẳng này gồm có bốn xoáy tự do xuất phát từ đầu trong của xoáy liên kết tương ứng. Đôi khi mô hình này được gọi là chong chóng sơ cấp, vì vậy xếp chồng các chong chóng với các đường kính khác nhau (Xem H19.1.c) ta có thể chuyển sang mô hình đường chịu lực của các xoáy liên kết có cường độ thay đổi theo hướng bán kính (Xem H19.4.a).

Theo sơ đồ này xoáy tự do hình xoắn nằm trên bề mặt hình trụ tròn đồng trục với chong chóng và có bước không đổi dọc trục. Cách phân bố các xoáy tự do này tương ứng với sơ đồ tuyến tính của vệt xoáy. Trong sơ đồ phi tuyến của vết xoáy cần phải xét đến một vài biến dạng của bề mặt các xoáy tự do và sự thay đổi bước của bề mặt dọc trục, vì chúng có liên quan đến độ lệch dòng so với quỹ đạo chuyển động của các điểm tương ứng thuộc đường chịu lực khi phải chịu ảnh hưởng của trường tốc độ cảm ứng bởi chính các xoáy tự do. Lý thuyết đường chịu lực cho kết quả đủ chính xác đối với các chong chóng cánh hẹp dạng hàng không, như vậy được phép sử dụng sơ đồ tuyến tính của vệt xoáy ứng với tải trọng trung bình và thấp. Đối với chong chóng cánh rộng của tàu thuỷ bắt buộc phải tính bổ xung theo sơ đồ tuyến tính của mặt chịu lực, ví dụ, cùng với cũng chính sơ đồ tuyến tính của vệt xoáy đó (Xem H19.4.b).

Chương 20
THIẾT KẾ CHONG CHÓNG

20.1. CÁC NGUYÊN TẮC CHUNG

Việc thiết kế chong chóng cho một con tàu cụ thể – một quá trình quan trọng, mà trong đó phải xác định các đặc tính hình học cơ bản của chong chóng và lập bản vẽ lý thuyết. Chong chóng được thiết kế phải đạt hiệu suất đẩy cao và độ tin cậy cao trong khai thác. Độ tin cậy cao của hệ thống chong chóng – đường trục – thân tàu trong các điều kiện khai thác thực tế bằng cách đảm bảo độ bền của cánh, giảm chấn động thân tàu, đảm bảo kín nước do lỗ luồn trục, cũng như loại bỏ được hiện tượng xâm thực phát sinh và phát triển ở mọi chế độ khai thác. Vì các yêu cầu này luôn luôn mâu thuẫn nhau nên khi thiết kế chong chóng cần phải sử dụng các phương pháp đúng dần và phải hướng vào cách giải quyết phối hợp.

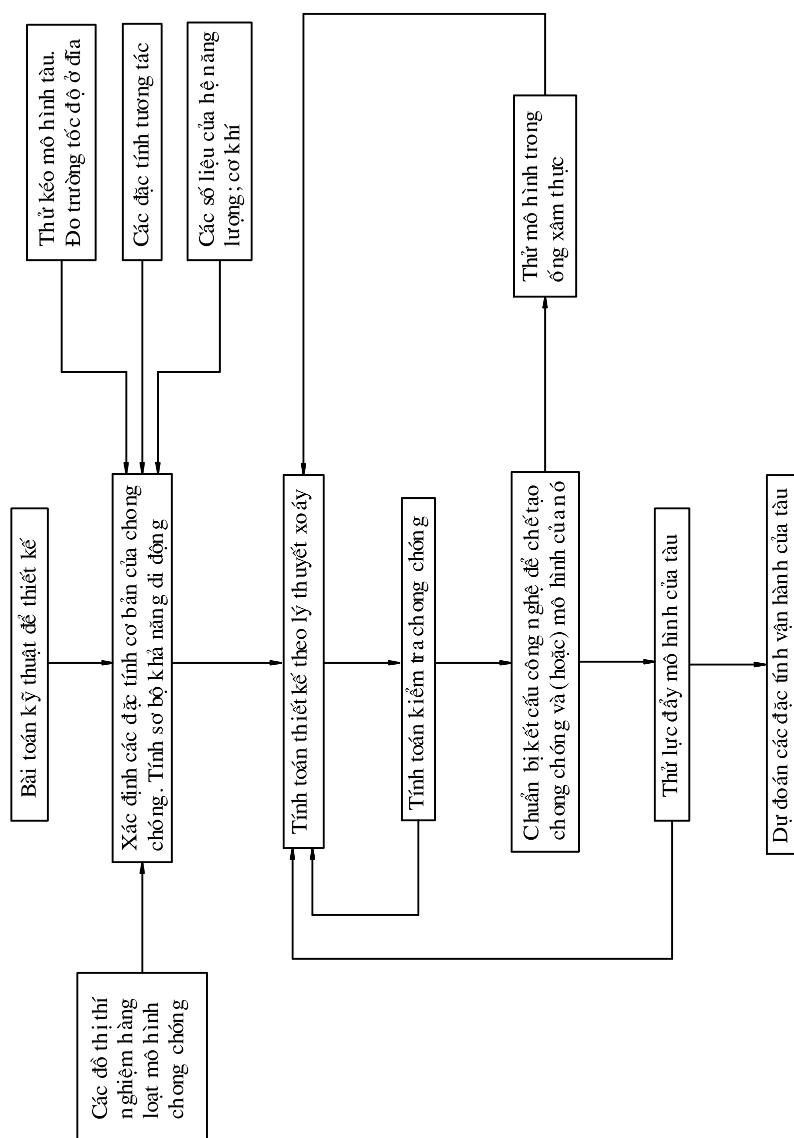
Quá trình thiết kế chong chóng thường gồm vài giai đoạn (Xem H20.1). Trong giai đoạn thứ nhất chọn tối ưu các đặc tính hình học cơ bản của chong chóng – đường kính tối ưu, bước trung bình, số cánh, tỷ số đĩa và các thông số khác theo các tính toán khả năng di động của tàu, kèm theo việc sử dụng các số liệu về lực cản của tàu, sự tương tác giữa chong chóng với thân tàu, và các đồ thị thí nghiệm hàng loạt mô hình chong chóng. Việc tính toán xuất phát từ các điều kiện đạt được tốc độ đã cho khi công suất của thiết bị năng lượng chính là nhỏ nhất.

Để thoả mãn đầy đủ các yêu cầu đã đặt ra cho chong chóng, do vậy giai đoạn hai phải thiết kế bằng tính toán theo lý thuyết xoáy để phù hợp với dòng theo không đều, với điều kiện thoả mãn độ bền và tránh xâm thực.

Các tính toán kiểm tra bao gồm việc phân tích sức bền tĩnh và chu kỳ của cánh, tính các đặc điểm xâm thực, tính chấn động của chong chóng. Khi không thoả mãn các yêu cầu đặt ra cần phải tính lại bằng cách thay đổi các thông số của chong chóng, ví dụ số lượng cánh.

Sau các lần tính các số liệu cần thiết người ta phải chế tạo các mô hình chong chóng để thử trong ống xâm thực và thử mô hình tàu tự chạy có lắp chong chóng.

Ở giai đoạn cuối phải tính đặc tính vận hành để cùng với các đặc tính đã thiết kế của chong chóng có thể dự báo được các đặc tính vận hành của tàu thực và chuẩn bị kết cấu công nghệ để chế tạo chong chóng. Việc kiểm tra cuối cùng sự thoả mãn các tính toán thiết kế với các số liệu thực tế được thực hiện khi thử tốc độ tàu. Khi thiết kế chong chóng người ta sử dụng rộng rãi máy vi tính. Trong tất cả các giai đoạn người ta tập hợp các tính toán vào một hệ thống tự động thiết kế duy nhất của chong chóng, mà nó là một bộ phận cấu thành của hệ thống tự động thiết kế tàu.



Hình 20.1. ***Các giai đoạn thiết kế chong chóng.***

20.2. CHỌN SƠ BỘ CÁC PHẦN TỬ CHÍNH CỦA CHONG CHÓNG VÀ ĐÁNH GIÁ CÔNG SUẤT TIÊU THỤ

Để đánh giá công suất tiệu thụ của tàu khi chuyển động với tốc độ đã cho và tiếp đến chọn máy chính cần phải thực hiện phép tính sơ bộ chong chóng theo lực đẩy đã biết. Bình thường người ta sử dụng đồ thị kiểu đặc biệt hoặc các công thức gần đúng, để nhờ chúng đánh giá được công suất tiêu thụ, chọn được máy chính với công suất gần công suất tiêu thụ và vòng quay tương ứng, đồng thời giải được bài toán về việc lắp đặt bộ điều tốc và chọn tỷ số truyền.

Bây giờ ta trình bày phương pháp gần đúng để tính toán các đặc tính hình học cơ bản và đặc tính đẩy của chong chóng, cũng như vòng quay tối ưu khi tính chong chóng theo lực đẩy đã biết dựa vào các đồ thị thiết kế đã trình bày. Trước hết cần biết lực đẩy

của chong chóng T, tốc độ tính toán v_A và các đặc tính tương tác đã biết. Đối với các chong chóng bốn và năm cánh thường dùng công thức dưới đây:

$$D\sqrt{n_m} = 11{,}8\sqrt[4]{T} \qquad (20.2.1)$$

trong đó: n_m – số vòng quay trong một phút, T – bằng KN. Đối với lực đẩy đã cho thì công thức này cho phép tính được đường kính tối ưu của chong chóng khi biết vòng quay hoặc giả thiết đường kính tính vòng quay. Đối với chong chóng có đường kính đã biết thì vòng quay không thể chọn một cách tuỳ tiện.

Khi thiết kế chong chóng cần phải đảm bảo tích số $D\sqrt{n_m}$ ứng với lực đẩy đã cho.

Chú ý đến mối quan hệ giữa lực đẩy và công suất:

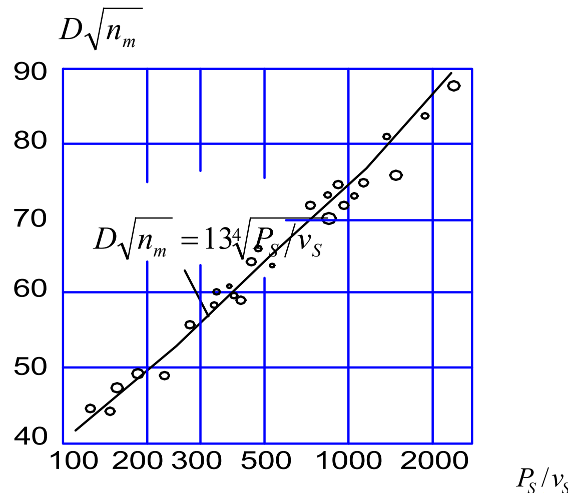
$$P_S = \frac{Rv}{\eta_D \eta_S} = \frac{0{,}5144(1-t)Tv_S}{\eta_D \eta_S} \qquad (20.2.2)$$

và các trị số thống kê trung bình t =0,18; η_D = 0,66; η_S = 0,98 thay cho (20.1) ta có:

$$D\sqrt{n_m} = 13\sqrt[4]{\frac{P_S}{v_S}} \qquad (20.2.3)$$

trong đó: P_S – công suất trên bích động cơ, KW

Trên hình (20.2.2) thì $D\sqrt{n_m}$ là hàm của các trị số tương ứng P_S / v_S. Công thức (20.2.1) có thể gọi là công thức thuộc thân tàu, bởi vì để tính $D\sqrt{n_m}$ tối ưu cần phải biết lực đẩy, mà nó có liên quan tới lực cản của tàu. Chính ngay công thức (20.2.3) để xử dụng nó cũng phải giả thiết công suất của hệ động lực, nên được gọi là công thức thuộc về máy.



Hình 20.2. ***Tích số $D\sqrt{n_m}$ phụ thuộc vào tỉ số P_S/v_S***

Để đánh giá hiệu suất làm việc của chong chóng tối ưu có thể sử dụng công thức (16.3.12) : $\eta_0 = 1{,}876 - 1{,}235\, C_{TA}^{0,1}$.

Việc đánh giá tỷ số bước kết cấu trung bình cho chính các phương án đó có thể thực hiện theo công thức:

$$\frac{P}{D} = \frac{a}{C_E^{1/2}} + b + 0{,}4t; C_E = (1-t)C_{TA} \qquad (20.2.4)$$

các hệ số a và b trong bảng (20.1) đều phụ thuộc vào số cánh.

Bảng 20.1. ***Các hệ số a, b trong (20.2.4)***

Z	A_E / A_0	a	b
3	0,50	0,564	0,203
4	0,55	0,545	0,304
5	0,60	0,581	0,329
6	0,80	0,608	0,387

Như vậy có thể thực hiện trình tự tính toán sau đây:

Giả thiết vòng quay của chong chóng theo (20.2.1) tính các đường kính tối ưu ứng với vòng quay đó, tiếp theo tính hệ số tải trọng, hiệu suất làm việc của chong chóng trong nước tự do, hiệu suất đẩy.

$$\eta_D = \frac{1}{i_Q}\frac{1-t}{1-w_t}\eta_0 \qquad (20.2.5)$$

Và công suất tiêu thụ:

$$P_S = R\ v\ /\ \eta_D\ \eta_S \qquad (20.2.6)$$

Việc đánh giá bước trung bình cần thiết có thể thực hiện theo (20.2.4) là hàm của số lượng cánh. Mà ở giai đoạn này số cánh có thể xác định sơ bộ bằng thí nghiệm. Việc đánh giá tỷ số đĩa cần thiết để đảm bảo không bị xâm thực phát triển có thể xác định theo khuyến nghị của công thức (18.5.2).

Các kết quả tính toán nên biểu diễn theo dạng đồ thị phụ thuộc vào vòng quay.

Mối quan hệ giữa công suất của hệ động lực với vòng quay của chong chóng được thể hiện qua bảng 20.2.

Bảng 20.2. ***Giới hạn thay đổi vòng hợp lý của chong chóng***

Công suất P_S, *kw*	1000	2500	5000	10000
Vòng quay của chong chóng n_m, *v/p*	250–300	180–210	130–160	115–130

Công suất P_S, *kw*	20000	30000	40000
Vòng quay của chong chóng n_m, *v/p*	100–120	90–110	85–100

20.3. SỰ PHÙ HỢP GIỮA CHONG CHÓNG VỚI HỆ ĐỘNG LỰC VÀ LỰA CHỌN CHẾ ĐỘ TÍNH TOÁN

Chong chóng là thiết bị đẩy tiêu thụ công suất của động cơ. Khi công suất được truyền trực tiếp vào trục chong chóng thì sự phối hợp làm việc giữa chong chóng với động cơ được xác định bởi sự bằng nhau của các vòng quay của trục và chong chóng, cũng như sự bằng nhau giữa mô men xoắn của động cơ và mô men cản quay của chong chóng (mômen của chong chóng) có lưu ý đến lượng tổn thất do ma sát trên đường trục.

Mô men của chong chóng tìm theo công thức:

$$Q_B = K_Q\ \rho\ n^2\ D^5 \qquad (20.3.1)$$

trong đó: K_Q – hàm của bước tiến tương đối và tỷ số bước kết cấu.

$$K_Q = K_Q(J, P/D) \qquad (20.3.2)$$

Đối với tàu vận tải biển, tốc độ tàu ở chế độ khai thác hầu như phụ thuộc tuyến tính vào vòng quay của chong chóng

$$v = \text{const } n \qquad (20.3.3)$$

Công suất do chong chóng tiêu thụ tỷ lệ bậc ba với vòng quay.

$$P_D = 2\pi\, n\, Q_B = 2\pi\, K_Q\, \rho\, D^5 n^3 = c\, n^3 \qquad (20.3.4)$$

Mối quan hệ giữa công suất do chong chóng tiêu thụ với vòng quay của nó gọi là đặc tính của chong chóng.

Tương tự (20.3.1), mô men xoắn của động cơ có thể viết:

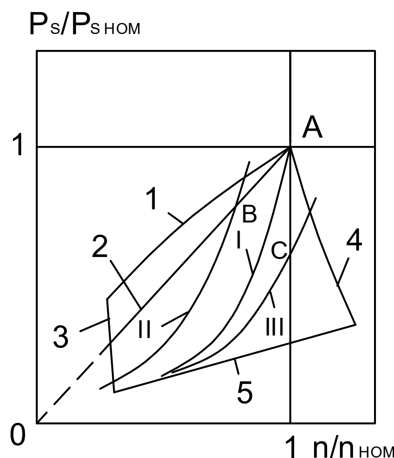
$$Q_đ = K'_Q\, \rho\, n^2 D^5 \qquad (20.3.5)$$

Trong trường hợp này khi $Q_đ$ = const thì hệ số K'_Q chỉ là hàm của vòng quay:

$$K_Q' = K_Q'(n) \qquad (20.3.6)$$

Điều kiện $Q_B = Q_đ$ dẫn đến $K_Q = K'_Q$

Nhưng đối với chong chóng đã cho $K_Q = K_Q(J)$ còn $K'_Q = K'_Q(n)$ nên khi lực cản của tàu thay đổi còn vòng quay của động cơ không đổi thì điều kiện cân bằng các hệ số bị vi phạm, sự phối hợp làm việc giữa chong chóng và động cơ sẽ không nhịp nhàng. Để phân tích toàn diện hơn về sự phối hợp làm việc ta xét các đặc tính vận hành của các động cơ đốt trong được dùng phổ biến nhất trên các tàu. Hình 20.3 trình bày các đặc tính cơ bản của động cơ để nói lên vùng làm việc ổn định của nó:



Hình 20.3. ***Vùng làm việc của động cơ đốt trong và sự phù hợp làm việc giữa chong chóng với động cơ.***

Đặc tính định mức ngoài, nghĩa là sự phụ thuộc giữa công suất với vòng quay khi lượng nhiên liệu cấp cho động cơ là lớn nhất 1;

Đặc tính hạn chế theo tình trạng ứng suất cơ học 2, ứng với điều kiện $Q_đ$ = const và $P_S = 2\pi n Q_đ$;

Đường cong các vòng quay ổn định nhỏ nhất 3;

- Đặc tính điều khiển hạn chế 4, mà khi vượt quá đặc tính này do giảm đột ngột tải trọng trên chong chóng, bộ điều khiển điều phối vòng quay để động cơ không được phép làm việc khi $n > 1{,}03n_m$;
- Đặc tính hạn chế thấp, hoặc đặc tính không tải 5;

Điểm A của đồ thị xác định công suất định mức lâu dài của động cơ với vòng quay định mức khi làm việc không quá tải. Khi động cơ khai thác bình thường nó không được phép làm việc cao hơn các đặc tính hạn chế về ứng suất nhiệt hoặc cơ (đường 1 hoặc 2).

Trên đồ thị này trình bày các đặc tính của chong chóng – đường I, II, III. Đặc điểm tính toán của chong chóng (đường I) đi qua điểm A và tại đó thoả mãn đẳng thức $K_Q=K'_Q$.

Khi vượt ra ngoài đặc tính ngoài của động cơ chong chóng phát huy vòng quay định mức thì chong chóng đó gọi là chong chóng nặng tải thuỷ động (điểm B), đối với trường hợp này $K_Q>K'_Q$. Chong chóng nhẹ tải thuỷ động là chong chóng mà khi đạt đến vòng quay định mức (điểm C) nó không tận dụng hết công suất định mức, đối với trường hợp này $K_Q < K'_Q$.

Động cơ và chong chóng không phù hợp nhau đều được phát hiện trong trong quá trình thử và khai thác tàu.

Như đã thấy từ hình 20.3 đối với chong chóng nặng tải cũng như nhẹ tải tổng công suất không được tận dụng hết nên đã mang lại tốc độ khai thác của tàu nhỏ hơn tốc độ tính toán và động cơ làm việc không kinh tế. Do đó vấn đề hết sức quan trọng là việc lựa chọn đúng chế độ tính toán để thiết kế chong chóng. Trong quá trình khai thác lực cản của tàu không ngừng tăng lên, chong chóng sẽ nặng tải, vòng quay tụt xuống, còn tốc độ tàu luôn luôn thấp hơn tốc độ tính toán và giảm dần theo thời gian. Việc tăng tải của chong chóng dẫn đến việc mài mòn của động cơ, tiêu hao thêm chất đốt và ảnh hưởng xấu tới chỉ tiêu khai thác kinh tế và thương mại của tàu.

Việc bù trừ lượng tăng tải của chong chóng do tăng lực cản của tàu là cách thiết kế với lượng giảm bước sao cho trong các điều kiện khi chạy bàn giao chong chóng phải nhẹ tải thuỷ động. Trong quá trình khai thác tàu, chong chóng sẽ dần dần bị nặng tải và gần vào giữa thời kỳ giữa các lần lên đà nó tương ứng với thân tàu và động cơ ở chế độ tính toán. Vào cuối thời kỳ giữa các lần lên đà nó cũng làm cho động cơ quá tải, nhưng ở giới hạn thấp hơn.

Căn cứ vào điều kiện trên thì công suất định mức của động cơ và vòng quay xác định theo công thức sau:

$$n_{tt} = K\, n_{HOM}\ ;\quad K > 1{,}0 \qquad (20.3.7)$$

trong đó: K – hệ số phụ thuộc kiểu kết cấu thân tàu, vùng khai thác của nó, kiểu động cơ và các tính chất kết cấu của động cơ cũng như chu kỳ lên đà của tàu. Trung bình hệ số K =1,03 ÷1,05 để nó tương đương với lương dự trữ công suất ở giữa chu kỳ giữa các lần lên đà, khoảng bằng 10 ÷ 15%.

Việc lắp đặt các tổ tuốc bin răng khía có các đặc tính cao hơn, hết sức thuận lợi cho chong chóng nặng tải cũng như nhẹ tải vì chúng cho phép điều chỉnh được công suất và vòng quay. Ví dụ, với chong chóng nặng tải trong các điều kiện khai thác vẫn có thể tăng thêm được công suất do tăng lượng hơi nước khi vòng quay chong chóng giảm không đáng kể. Như vậy, tình trạng ứng suất nhiệt của tổ tuốc bin răng khía không thay đổi mà chỉ tăng chút ít tải trọng lên bộ giảm tốc thường có lượng dự trữ sức bền đảm bảo. Từ đó thấy rằng: chong chóng của tàu lắp tuốc bin không cần phải giảm bước khi thiết kế. Bước trung bình của chong chóng nên chọn theo điều kiện thử bàn giao với công suất định mức và vòng quay định mức.

20.4. LỰA CHỌN CHÍNH XÁC CÁC YẾU TỐ HÌNH HỌC CƠ BẢN CỦA CHONG CHÓNG

Sau khi chọn được kiểu và công suất của động cơ, định được vòng quay của chong chóng và xác định được chế độ tính toán cho nó, cần phải xác định chính xác các yếu tố hình học và kết cấu chong chóng mà chúng phải tạo được hiệu quả cao nhất khi sử

dụng hết công suất của động cơ, đồng thời phải thoả mãn một loạt các yêu cầu về chấn động thấp, không có xâm thực phát triển. v.v. . . Ở đây, ta chỉ trình bày các khuyến nghị chung về cách lựa chọn các phần tử kết cấu của chong chóng, mà chủ yếu chúng được xác định từ các yêu cầu về độ bền và chấn động cũng như những nguyên nhân khác. Phương pháp lựa chọn cuối cùng đường kính tối ưu của chong chóng và tỷ số bước kết cấu của nó được trình bày ở §35.

– Chọn số cánh trên các tàu vận tải biển người ta sử dụng các chong chóng với số cánh $3 \div 7$. Số cánh là thông số quan trọng nhất vì tần số và biên độ của các lực cũng như mômen chu kỳ sinh ra trên các cánh và gây nên chấn động hệ trục cũng như thân tàu đều phụ thuộc vào nó. Vì vậy, trước lúc xác định lần cuối số cánh cần phải tính các tần số giao động bản thân của thân tàu và các kết cấu riêng lẻ của nó, của hệ trục và hệ năng lượng ở chế độ khai thác chính của tàu. Số lượng cánh cần phải lấy sao cho tần số của cánh $\nu = nZ$ và trị số gấp đôi của nó $\nu = 2nZ$ không trùng với các tần số bản thân của ba nhịp đầu tiên của giao động thân tàu, kết cấu chính, hệ trục và hệ năng lượng.

Khi xác định số lượng cánh cần phải chú ý rằng càng tăng số lượng cánh, tỷ số đĩa sẽ tăng lên chút ít đồng thời giảm chút ít đường kính tối ưu, như vậy, hiệu suất làm việc cũng hơi giảm xuống, điều đó có liên quan đến việc tăng chiều dày tương đối của cánh. Ví dụ khi tăng Z từ 4 tới 6 thì hiệu suất giảm một lượng $2 \div 3$ %.

Số cánh Z có thể chọn theo điều kiện sau:

Đối với chong chóng của các canô cao tốc, chọn Z = 3 khi:

$$K_{NT}=\frac{v_A}{\sqrt{n}}\sqrt[4]{\frac{\rho}{T}} \geq 1,0 \quad \text{hoặc:} \quad K_{DT}= v_A D\sqrt{\frac{\rho}{T}} \geq 1,5$$

nếu các hệ số K_{NT} và K_{DT} nhỏ hơn trị số trên thì chọn Z = 4.

Đối với chong chóng của các tàu vận tải, chọn Z = 3, khi:

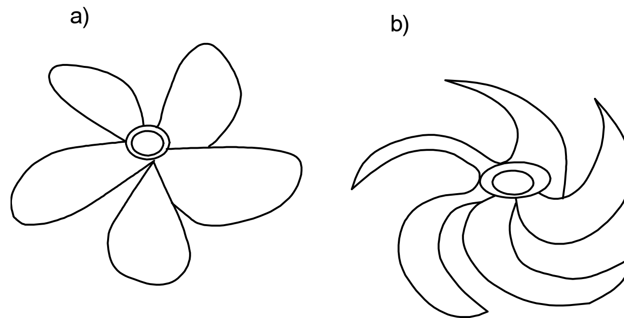
$$K_{NT}=\frac{v_A}{\sqrt{n}}\sqrt[4]{\frac{\rho}{T}} \geq 1,0 \quad \text{hoặc:} \quad K_{DT}= v_A D\sqrt{\frac{\rho}{T}} \geq 2,0$$

nếu các hệ số K_{NT} và K_{DT} nhỏ hơn trị số trên thì chọn Z = 4.

– Độ nghiêng của cánh – điều này đảm bảo các khe hở cần thiết giữa các cánh và thân tàu mà không cần phải kéo dài hệ trục. Do cánh có độ nghiêng nên giảm bớt lực hút và biên độ của các áp suất kích thích trên thân tàu, từ đó giảm được chấn động thân tàu. Các thí nghiệm cho biết rằng với độ nghiêng của cánh dưới 10^0 thì các đặc tính thuỷ động và hiệu suất của chong chóng hầu như không đổi. Góc nghiêng của cánh chong chóng áp dụng cho các loại tàu thường trong giới hạn từ $0 \div 15^0$.

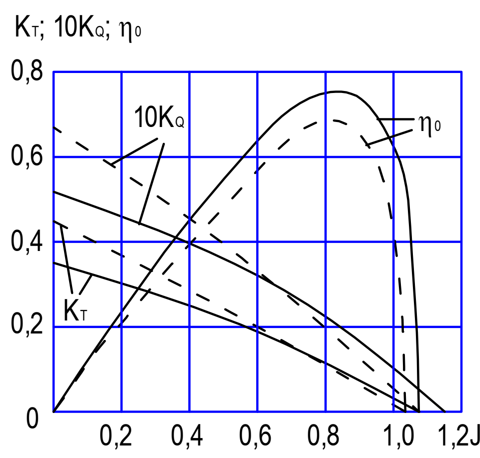
– Chọn hình dạng đường bao cánh. Dạng đường bao của cánh chong chóng được biểu thị bằng sự phân bố chiều rộng dọc theo bán kính và vị trí của mặt cắt hình trụ đối với đường tâm cánh. Sự phân bố chiều rộng dọc theo bán kính về mặt kết cấu phải lấy theo kích thước của củ và kiểu chong chóng (với những mặt cắt gần củ), còn ở những mặt cắt ($r/R > 0.6$) chịu tải lớn nhất với điều kiện phải thoả mãn đồng thời sức bền và xâm thực.

Việc áp dụng đường bao dạng lưỡi dao không đối xứng qua đường tâm cánh có thể giảm bớt tải trọng chu kỳ sinh ra trên chong chóng khi làm việc trong trường tốc độ không đồng đều. Các chong chóng thuộc loạt ''B'' của Hà Lan được chế tạo đúng với dạng này và có dạng lưỡi dao ít quắm hơn. Trong những năm gần đây người ta dùng cánh dạng lưỡi dao quắm nhiều hơn (Xem H20.4), nó cho phép gảm được giao động của các tải trọng chu kỳ xuống 2 đến 3 lần và có thể còn lớn hơn nhiều so với chong chóng cánh bình thường.



Hình 20.4. ***Các chong chóng có đường bao hình lưỡi dao***
a. Quắm ít
b. Quắm nhiều

– Chọn tỷ số đĩa của chong chóng. Tỷ số đĩa có ảnh hưởng lớn tới hiện tượng xâm thực của chong chóng cũng như sức bền và hiệu suất làm việc của nó. Các đợt thí nghiệm cho thấy rằng với các điều kiện khác giống nhau thì khi tăng A_E/A_0 sẽ tăng các hệ số lực đẩy và mômen, đặc biệt là ở những bước tiến tương đối có giá trị nhỏ, do tăng diện tích của cánh, nơi sinh ra các lực áp suất (Xem H20.5). Nhưng hệ số mômen tăng nhanh do tăng các lượng tổn thất prôphin, khiến giảm bớt hiệu suất làm việc. Tăng A_E/A_0 lên 0,1 thì hiệu suất giảm khoảng 1,5 ÷ 2%. Việc lựa chọn lần cuối tỷ số đĩa cần thiết nhỏ nhất được tiến hành ở giai đoạn hai của quá trình tính toán thiết kế chong chóng khi đã thoả mãn đầy đủ và đồng thời các yêu cầu về sức bền và không xâm thực. Để tính chong chóng theo đồ thị, tỷ số đĩa cần thiết nhỏ nhất mà không xảy ra xâm thực xác định theo số liệu chương VII.



Hình 9.5. ***Ảnh hưởng của tỉ số đĩa đối với các đường cong làm việc của chong chóng (Z = 3; P/D = 1,0)***
———— $A_E/A_0 = 0,35$
– – – – $A_E/A_0 = 0,65$

Để xác định tỷ số đĩa của canô cao tốc có thể sử dụng đồ thị hoặc công thức sau:

$$\frac{A_E}{A_0} \geq \frac{T}{50D^2}$$

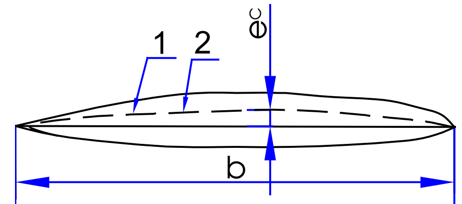
trong đó: T – lực đẩy của chong chóng, KN; D – đường kính chong chóng, m.

Đối với tàu vận tải biển tỷ số đĩa có thể xác định theo đồ thị:

$$\left(\frac{A_E}{A_0}\right)_K = f(\overline{T}, h_0)$$

Để khắc phục sự phát sinh giai đoạn thứ nhất của xâm thực, ta chọn $(A_E/A_0) = 1{,}2(A_E/A_0)_K$, để tránh giai đoạn thứ hai của xâm thực, ta chọn $A_E/A_0 \cong (1{,}5 \div 1{,}7)(A_E/A_0)_K$.

– Chọn dạng prôphin – Dạng prôphin của cánh mô tả độ cong tương đối của đường giữa, góc lực nâng không, cũng như sự phân bố áp suất trên prôphin, mà nó ảnh hưởng rất lớn tới hiệu suất làm việc của chong chóng.



Hình 20.6. ***Prôphin khí động của chong chóng ($\delta = 0{,}12$; $\delta_C = e_C/b = 0{,}0176$)***

1 – đường giữa; 2 – dây cung

Đối với những chong chóng không xâm thực thuộc tàu vận tải biển, người ta áp dụng rộng rãi prôphin khí động kiểu NACA hoặc có cải biên. Hình 20.6 mô tả một trong các prôphin với chiều dày tương đối $\delta = 0{,}12$ do Liên xô (cũ) chế tạo. Nhờ sự phân bố đồng đều áp suất trên phần lớn phía hút nên các prôphin kiểu này vẫn đảm bảo chế độ chảy tầng trong lớp biên, khiến tăng thêm được chất lượng của chúng. Việc áp dụng chúng cho phép nâng cao hiệu suất làm việc của chong chóng lên 5 ÷ 6% ảnh hưởng lớn nhất tới các đặc tính thuỷ động lực của chong chóng là độ cong của đường giữa $\delta_c = e_c / b$, mà khi tăng nó thì hệ số C_Y của các phần tử cánh sẽ tăng lên, và đương nhiên hệ số lực đẩy và mômen cũng tăng theo.

Sự phân bố độ cong đường giữa theo bán kính được xác định bằng tính toán theo lý thuyết xoáy, xuất phát từ điều kiện hệ số chất lượng ngược của phần tử cánh $\varepsilon = dx/dy$ lớn nhất. Trong vài trường hợp đặc biệt đối với chong chóng loạt "B" của Hà lan, trên các mặt cắt sát đỉnh cánh người ta dùng prôphin mảnh tròn đối xứng với chiều dày lớn nhất nằm ở tâm dây cung.

Đối với các chong chóng của tàu phá băng và tàu chạy trong vùng có băng cần áp dụng cánh có dạng prôphin đặc biệt, với chiều dày của prôphin tiết diện cánh là lớn để đạt hiệu quả làm việc cao ở các chế độ gần với chế độ buộc và chế độ lùi.

– Chọn chiều dày của cánh – chiều dày của cánh ở mỗi bán kính được xác định theo các điều kiện đồng thời đảm bảo sức bền cao và áp suất nhỏ nhất để không xuất hiện xâm thực. Các yêu cầu này đều mâu thuẫn nhau. Các đợt thí nghiệm cho biết rằng lượng tăng chiều dày tương đối khi giữ nguyên phía đạp của prôphin sẽ làm tăng độ cong của đường giữa, và đương nhiên tăng cả hệ số lực đẩy và mômen, nhưng lại giảm hiệu suất làm việc do tăng lượng tổn thất prôphin; xâm thực xuất hiện sớm hơn, chính vì thế cần phải xác định chiều dày nhỏ nhất của cánh.

Việc phân bố chiều dày dọc theo bán kính được đặc trưng bằng chiều dày quy ước của mặt cắt e_0 tại trục chong chóng, chiều dày đỉnh cánh thường chọn theo lý do kết cấu hoặc đồ thị chiều dày lớn nhất, quy luật biến đổi chiều dày gần với tuyến tính. Đối với các chong chóng thuộc tàu vận tải e_0 thường bằng 4 ÷5% đường kính chong chóng.

Chiều dày tương đối của prôphin tiết diện cánh ở chân cánh $\delta = e_k/b$ không được vượt quá 0,22.

– Tỷ số bước kết cấu – tỷ số này là thông số hình học quan trọng nhất mà các hệ số thuỷ động lực phụ thuộc vào nó. Như đã thấy ở hình 5.3, khi tăng P/D các hệ số lực đẩy và mômen tăng lên trong suốt giới hạn biến thiên của bước tiến tương đối. Điều này được giải thích là khi tăng bước dẫn đến việc tăng góc bước φ và góc tới tương ứng

của phần tử cánh, đồng thời tăng lực nâng và lực cản hình dáng nên lực đẩy và mômen tăng, đồng thời hiệu suất thay đổi theo kiểu phức tạp. Trong vùng bước tiến tương đối bé, do lực đẩy tăng nên hệ số tải trọng C_{TA} tăng, khiến hiệu suất cảm ứng giảm xuống. Đồng thời do giảm chất lượng thuỷ động nên hiệu suất kết cấu cũng giảm, khiến tổng hiệu suất làm việc của chong chóng giảm xuống. Với những bước tiến tương đối của chong chóng là lớn, các phần tử cánh làm việc ở những góc tới rất bé, không tối ưu, nên việc tăng tỷ số bước sẽ nâng cao chất lượng thuỷ động của các phần tử cánh chong chóng và tăng hiệu suất làm việc của chong chóng nói chung do tăng góc tới.

Việc lựa chọn hợp lý tỷ số bước kết cấu trung bình được thực hiện bằng các đồ thị thiết kế cụ thể. Việc lựa chọn này phải đảm bảo được các đặc tính thuỷ động đã cho cũng như sự phù hợp làm việc giữa chong chóng và động cơ.

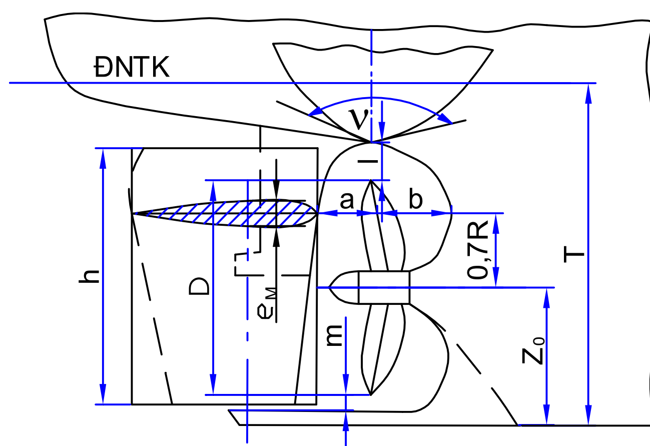
– Việc bố trí chong chóng sau thân tàu. Như đã trình bày ở chương VI và VII, cách bố trí chong chóng cũng như các chi tiết của hệ thiết bị đẩy – bánh lái (bánh lái, mũ thoát nước, ổ đỡ, đạo lưu, sống đuôi) có ảnh hưởng lớn đến khả năng di động của tàu, chấn động thân tàu và cường độ xâm thực. Khi lắp ghép hệ thiết bị đẩy – lái cần phải tận dụng hệ số ảnh hưởng cao nhất của thân tàu và mức độ không đồng đều nhỏ nhất của dòng nước chảy vào đĩa thiết bị đẩy với điều kiện đảm bảo một loạt các yêu cầu khai thác. Ví dụ tránh không cho không khí tự do lọt vào chong chóng, tránh hư hỏng hệ thống khi bất ngờ chạm đất, v.v. . .

Dựa vào kinh nghiệm do tích luỹ được, cho tới nay người ta đã trình bày các số liệu cho việc bố trí chong chóng sau thân tàu (hình 9.7), thoả mãn các yêu cầu về khả năng di động và dung hoà chấn động của chong chóng. Khoảng cách giữa chong chóng và sống đuôi hoặc ổ đỡ trên tàu hai chong chóng nên lấy theo điều kiện $b/D \geq 0{,}45$.

Khe hở l giữa chong chóng và thân tàu phải chọn sao cho tránh chấn động cho phần đuôi tàu ở mức độ cao. Đối với tàu một chong chóng nên lấy: $l/D \geq 0{,}15 + 1{,}1.10^{-3}(\nu - 60)$; đối với tàu hai chong chóng $l/D \geq 0{,}26$; trong đó ν (Xem H20.7) đo bằng độ.

Khe hở giữa ky lái và chong chóng phải là $m/D \geq 0{,}05$.

Khoảng cách nhỏ nhất giữa chong chóng và bánh lái phải thoả mãn tỷ số $a/D \geq 0{,}2 + 1{,}5(e_M/D - 0{,}15)$, chiều dày tới hạn cho phép của bánh lái ở mặt cắt $\bar{r} = 0{,}7$ phải lấy theo tỷ số $e_M/D \leq 0{,}22 + 0{,}3(a/D - 0{,}2)$ nhưng không lớn hơn 0,25.



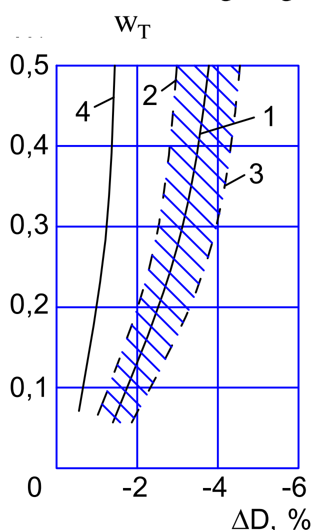
Hình 9.7. ***Cách bố trí chong chóng sau thân tàu.***

20.5. THIẾT KẾ CHONG CHÓNG THEO ĐỒ THỊ

Các đồ thị dùng để thiết kế chong chóng được sử dụng ở giai đoạn đầu thiết kế nhằm lấy chính xác và lựa chọn lần cuối đường kính tối ưu của chong chóng và tỷ số bước kết cấu trung bình của nó. Để giải bài toán này phải biết kiểu, công suất, vòng quay của máy, cũng như các đặc tính hạn chế của nó. Cần phải biết đường cong lực cản của tàu theo tốc độ $R = R(v_s)$ đồng thời xác định chế độ tính toán cho chong chóng.

Trong thực tế người ta áp dụng rộng rãi phương pháp tính chong chóng đường kính tối ưu để thoả mãn điều kiện: $D_{0pt} \le D_{max}$ và đảm bảo tốc độ lớn nhất của tàu khi sử dụng hết công suất của hệ thống năng lượng và vòng quay đã cho. Bây giờ ta trình bày sơ đồ tính chong chóng cho trường hợp này. Việc tính toán cần trình bày theo dạng bảng (Xem bảng 20.3).

Việc tính toán phải thực hiện cho bốn, năm trị số tốc độ gần với tốc độ mong muốn với khoảng cách không lớn hơn 0,5 hải lý. Các hệ số tương tác được xác định theo số liệu thí nghiệm mô hình phụ thuộc vào hệ số tải trọng của chong chóng theo K_{DE} hoặc theo công thức gần đúng trong chương VI dành cho kiểu tàu tương ứng. Bước tiến tương đối của chong chóng J_0 xác định trên đồ thị theo đường cong đường kính tối ưu là hàm của hệ số K_{NT}. Ảnh hưởng của dòng không đồng đều được lồng xét bằng lượng hiệu chỉnh ΔD, nó phụ thuộc vào hệ số dòng theo trung bình và vị trí của chong chóng (Xem H20.8). Hệ số a ở dòng 12 của bảng được lấy: $a = 1 - 0{,}01\Delta D\ (w_T)$. Gần đúng có thể lấy cho chong chóng ở mặt phẳng đối xứng a = 0,97 và chong chóng ở mạn a = 0,99; sao cho nó tương ứng với trị số trung bình $w_T = 0{,}30$.



Hình 20.8. ***Hiệu chỉnh đường kính tối ưu của chong chóng do ảnh hưởng của dòng theo***
1 – đường cong trung bình cho tàu một trục; 2 – thân tàu dạng chữ V; 3 – dạng chữ U và mũi quả lê; 4 – tàu hai trục

Nếu đường kính tối ưu lớn hơn đường kính lớn nhất thì cần phải lấy $D = D_{max}$, tính:

$$J = v_A / nD_{max} \text{ và } K_T = T/\rho n^2 D_{max}^4 \qquad (20.5.1)$$

Và tiếp đến tính cho dòng 15 ÷ 18 của bảng. Kết quả tính được trình bày theo dạng đồ thị mô tả mối quan hệ của các thông số Ps, D_{opt}, P/D, η_0 và η_D với tốc độ, giao điểm của các đường công suất tiêu thụ đã tính được với đường giả thiết công suất cho tốc độ lớn nhất của tàu và các thông số tương ứng của chong chóng.

Bảng 20.3. ***Tính đường kính tối ưu và tỷ số bước kết cấu của chong chóng để đảm bảo tốc độ lớn nhất của tàu***

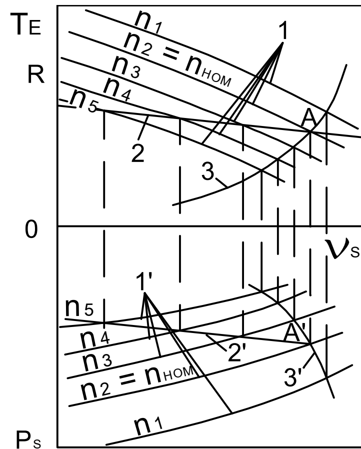
L = . . . m; B = . . . m; T = . . . m; δ = . . . ; P_S = . . . kw; N_m = . . . v/ph; n = n_m/60 = . . . m; Z = . . . ; A_E/A_0 = . . .; Z_P = . . . ; η_S = . . . ; ρ = . . . kg/m^3; a = . . . ; D_{max} = . . . m					
STT	Ký hiệu	Tốc độ v_S , hải lý (giả thiết)			
		v_{S1}	v_{S2}	. . .	v_{Sn}
1	$R = R(\nu_S)$, N				
2	$T_E = R/Z_P$, N				
3	$\nu = 0{,}5144\ v_S$, m/s				
4	$K_{DE} = \nu D \sqrt{\rho / T_E}$				
5	$w_T = f(K_{DE})$				
6	$T = f(K_{DE})$				
7	$I_Q = f(K_{DE})$				
8	$\nu_A = \nu\ (1 - w_T)$, m/s				
9	$T = T_E(1-t)$, N				
10	$K_{NT} = \frac{\nu_A}{\sqrt{n}} \sqrt[4]{\frac{\rho}{T}}$				
11	$J_o = f(K_{NT})$ theo đồ thị				
12	$D_{opt} = \nu_A a/(J_0 n)$				
13	$K_T = T/(\rho n^2 D^4_{opt})$				
14	$J = \nu_A/(D_{opt} n)$				
15	$P/D = f(J, K_T)$ theo đồ thị				
16	$\eta_D = f(J, K_T)$ theo đồ thị				
17	$\eta_D = \frac{1}{i_Q} \frac{1-t}{1-w_T} . \eta_0$				
18	$P_S = \frac{T_E . v}{\eta_D \eta_S} 10^{-3}$ kw				

20.6. ĐỒ THỊ VẬN HÀNH CỦA TÀU, CÁCH TÍNH TOÁN VÀ XÂY DỰNG

Trong quá trình khai thác của tàu lực cản của nó bị thay đổi do rong rêu, hà bám, sóng và biến đổi chiều chìm, nên các điều kiện phối hợp làm việc giữa chong chóng với động cơ không ổn định, khiến vòng quay của chong chóng, công suất tiêu thụ và tốc độ chuyển động của tàu thay đổi.

Để xác định đặc tính chạy tàu trong các chế độ chuyển động khác nhau của nó, cần phải tính và xây dựng đồ thị vận hành hoặc các đặc tính chạy tàu, để với thời gian ngắn nhất chúng cho phép xác định được tốc độ của tàu, chế độ làm việc của chong chóng và động cơ trong các điều kiện khai thác cụ thể. Đồ thị vận hành là một tập hợp

các đặc tính phối hợp nhuần nhuyễn với nhau của thân tàu, chong chóng và động cơ được xây dựng theo tốc độ của tàu. Thông thường đồ thị vận hành gồm có hai nhóm đường cong cùng chung trục hoành, trên đó người ta định tốc độ của tàu (Xem H20.9). Trên trục tung phía trên đặt các lực (lực đẩy của chong chóng và lực cản), phía dưới là công suất.



Hình 20.9. ***Đồ thị vận hành của tàu***

Đồ thị vận hành được tính toán theo trình tự sau đây. Trước hết phải xác định được lực kéo có ích của chong chóng, công suất do nó tiêu thụ cho một loạt vòng quay không đổi, bao gồm vòng quay định mức và vòng quay hạn chế phụ thuộc vào chế độ chuyển động của tàu theo công thức:

$$T_E = Z_P K_E \rho n^2 D^4 = Z_P (1-t) K_T \rho n^2 D^4 \quad (20.6.1)$$

$$P_S = Z_P i_Q 2\pi K_Q \rho n^3 D^5/\eta_S \quad (20.6.2)$$

Để xác định K_T và K_Q ta giả thiết một loạt trị số bước tiến tương đối giới hạn từ chế độ buộc tới chế độ, ứng với tốc độ cao hơn tốc độ của tàu khoảng $2 \div 3$ hải lý.

Tốc độ của tàu được tính theo công thức:

$$v_S = \frac{DnJ}{0{,}5144(1 - w_T)} \quad (20.6.3)$$

Xác định ảnh hưởng của tải trọng chong chóng đối với các hệ số tương tác, các hệ số này là hàm của K_{DE}. Nếu thiếu các số liệu t, w_T phụ thuộc vào K_{DE} thì có thể xác định bằng phương pháp gần đúng của E.E Papmeil. Đặt các trị số đã tính được $T_E=T_E(v_S, n = \text{const})$ và $P_S = P_S(v_S, n = \text{const})$ lên đồ thị (các đường cong 1 và 1’). Tiếp đến ở phần dưới của đồ thị đặt các đặc tính hạn chế ngoài đã biết của động cơ $P_S = P_S(n)$ (đường 2’), nó mô tả mối quan hệ giữa công suất đã chọn với vòng quay (tốc độ tàu). Từ các điểm giao nhau của đường cong này với đường cong công suất cần thiết (1’) kẻ các đường vuông góc cho tới khi cắt các đường lực kéo có ích của chong chóng khi n = const (1) và qua các điểm đó kẻ đường cong lượn đều (2), nó là đường cong lực kéo giới hạn của chong chóng theo đặc tính hạn chế tương ứng của động cơ. Đặt đường cong lực cản tính toán của tàu (3) lên đồ thị và xác định công suất tiêu thụ (đường 3’) bằng cách hạ các đường vuông góc từ các điểm giao nhau của đường cong lực cản với đường lực kéo có ích xuống phần dưới của đồ thị tới các đường cong tương ứng của công suất tiêu thụ khi n= const. Giao điểm của đường cong lực cản với đường cong lực kéo có ích tới hạn và đường cong lực kéo giả định theo vòng quay định mức (điểm A trên đồ thị) xác định được tốc độ tính toán của tàu (điều kiện $T_E = R$). Chính tốc độ này cũng được xác định bằng sự giao nhau của ba đường cong công suất: công suất cần thiết, công suất theo đặc tính ngoài của động cơ, công suất tiêu thụ khi $n=n_{HOM}$ (điểm A’).

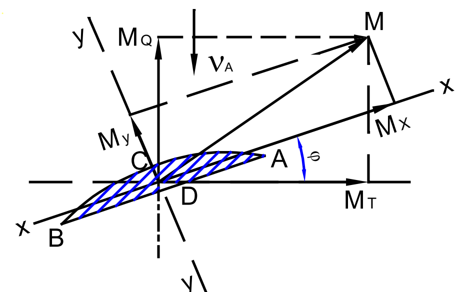
Đồ thị vận hành cho phép giải quyết nhiều bài toán chạy tàu khác nhau. Ví dụ để tìm tốc độ của tàu và chế độ làm việc của động cơ. Khi tăng lực cản thân tàu cần phải đưa đường cong lực cản tính toán lên đồ thị. Giao điểm của đường cong này với đường cong lực kéo tới hạn sẽ xác định được tốc độ lớn nhất trong các điều kiện đã cho. Theo vị trí của điểm này ta có thể tìm được vòng quay của chong chóng và công suất cần thiết.

20.7. SỨC BỀN CỦA CHONG CHÓNG

Khi thiết kế chong chóng cần phải xác định một tập hợp các yếu tố hình học, mà song song với việc đảm bảo các tính chất đẩy cao nhất nó còn phải thoả mãn các yêu cầu khai thác, mà đặc biệt là đạt được sức bền cần thiết của cánh.

Cánh chong chóng là một bản mỏng hình xoắn với chiều dày và độ cong biến đổi. Bị ngàm cứng vào củ và chịu tác dụng của nhiều ngoại lực. Trong số các ngoại lực thường gồm có lực thuỷ động và lực quán tính, và đối với vài loại tàu còn có các lực tương tác với băng. Trong quá trình làm việc sau thân tàu các lực tác dụng lên cánh thay đổi trong suốt vòng quay của chong chóng và các biên độ tức thời có thể vượt đáng kể các trị số trung bình của tải trọng. Trong quá trình đảo chiều lực và mômen tác dụng lên cánh cũng có thể vượt đáng kể các trị số tương ứng ở các chế độ chuyển động ổn định. Như vậy, các tải trọng trên cánh có đặc tính động lực học, mức độ động lực đặc biệt cao khi làm việc trong băng.

Dưới tác dụng của hệ các ngoại lực trong cánh sẽ xuất hiện tình trạng ứng suất phức tạp và biến đổi theo thời gian, tình trạng đó được xác định bằng ứng suất uốn, xoắn và kéo.



*Hình 20.10. **Mômen uốn cánh chong chóng***

Nói chung phần lớn các phương pháp tính toán thực tế sức bền cánh chong chóng đã coi cánh chong chóng là một dầm ngàm cứng chịu uốn dưới tác dụng của các lực thuỷ động và chịu kéo cũng như uốn dưới tác dụng của các lực quán tính. Xuất phát từ những giả thiết đó mômen uốn sinh ra bởi các lực đẩy và các mômen trên trục chong chóng ở mặt cắt nằm tại bán kính r_1 của cánh có thể viết dưới dạng:

$$M_T = \int_{r_1}^{R} \frac{dT}{dr}(r - r_1)dr \qquad (20.7.1)$$

$$M_Q = \int_{r_1}^{R} \frac{dQ}{rdr}(r - r_1)dr \qquad (20.7.2)$$

Các đại lượng dT/dr và dQ/dr nằm trong biểu thức dưới tích phân có thể biểu diễn bằng hệ số không thứ nguyên tương ứng đã tìm được khi tính toán kiểm tra.

Bây giờ ta xét mặt cắt của cánh chong chóng (Xem H20.10) với giả thiết rằng: trục quán tính chính xx song song với dây cung của mặt cắt và trục yy vuông góc với nó, chiếu tổng mômen:

$$M = \sqrt{M_T^2 + M_Q^2} \qquad (20.7.3)$$

lên trục xx ta có:

$$M_x = M_T \cos\varphi + M_Q \sin\varphi \qquad (20.7.4)$$

trong đó: φ – góc bước. Ta cũng chiếu mômen đó lên trục yy, sẽ nhận được:

$$M_y = M_T \sin\varphi - M_Q \cos\varphi \qquad (20.7.5)$$

Giả sử trục trung hoà của mặt cắt là đường thẳng ta tìm được ứng suất kéo lớn nhất dưới tác dụng của các mômen đó tại điểm A:

$$\sigma_A = \frac{M_x}{W_x(A)} + \frac{M_y}{W_y(A)} \qquad (20.7.6)$$

trong đó: ở mẫu là mômen chống uốn cho điểm A đối với trục xx, yy tương ứng.

Ứng suất kéo tại điểm D và nén tại điểm C xác định bằng các đại lượng:

$$\sigma_D = \frac{M_x}{W_x(D)} \qquad \sigma_C = \frac{M_x}{W_x(C)} \qquad (20.7.7)$$

trong cánh cũng xuất hiện ứng suất kéo do lực ly tâm được tạo nên bởi phần cánh nằm ngoài mặt cắt đang xét. Lực đó xác định bằng công thức:

$$F_u = m\,[(\Omega\, r_{uT})^2 / r_{uT}] = m\, 4\pi^2 n^2 r_{uT} \qquad (20.7.8)$$

trong đó: m – khối lượng phần cánh nằm ngoài mặt cắt đang xét; Ω – tốc độ góc quay của chong chóng; r_{uT} – bán kính trọng tâm của phần cánh nằm ngoài mặt cắt đang xét. Bán kính đó có thể xác định gần đúng như sau:

$$r_{uT} = r_1 + 0{,}3(R - r_1) \qquad (20.7.9)$$

Ứng suất lớn nhất do lực ly tâm: $\sigma_u = F_u/S$. Trong đó: S – diện tích mặt cắt đang xét, đối với prôphin bình thường nó có thể lấy bằng 0,7be.

Nếu đường sinh của cánh có độ nghiêng thì lực ly tâm sẽ sinh thêm mômen uốn bổ xung tính theo công thức:

$$M_{Fu} = 0{,}7\, a\, F_u \qquad (20.7.10)$$

trong đó: a – chuyển vị dọc của trọng tâm cánh so với trọng tâm mặt cắt.

Dựa vào phương pháp nói trên, bằng cách dùng thêm vài giả thiết bổ xung người ta đã đưa ra nhiều phương pháp tính sức bền khác cho chong chóng, trong đó phổ biến nhất là phương pháp Taylo và Rômxơn.

Tất cả các phương pháp này đều dựa vào việc đánh giá sức bền tĩnh của cánh theo ứng suất lớn nhất, trong đó người ta lấy tải trọng trung bình sau một vòng quay tác dụng lên chong chóng khi tàu chuyển động làm tải trọng tính toán.

Hiện nay song song với các ứng suất trung bình còn có thể xác định được các trị số biên độ của chúng sinh ra bởi ảnh hưởng của trường tốc độ không đều tới lực đẩy của chong chóng. Phương pháp này cho phép đánh giá không chỉ sức bền tĩnh của cánh mà còn về độ mỏi, vì các ứng suất mỏi là mối nguy hiểm chính đối với sức bền của chong chóng. Theo phương pháp này sự phân bố hệ số lực đẩy theo bán kính của cánh phải tìm theo công thức gần đúng:

$$(1/Z)(dK_T/d\bar{r}) = c\bar{r}^2(1-\bar{r})^{1/2} \qquad (20.7.11)$$

trong đó: C – hằng số, còn thành phần tiếp tuyến được tính bằng công thức:

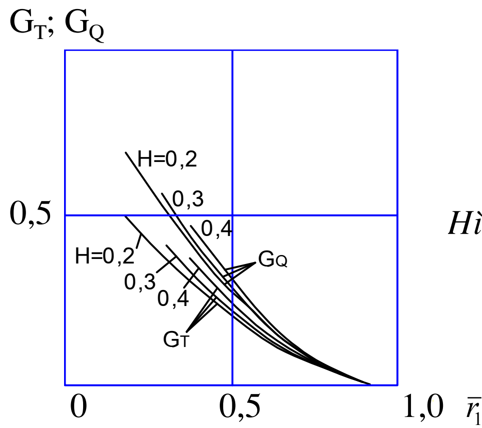
$$\frac{1}{Z}\frac{dK_Q}{d\bar{r}} = \frac{J}{2\pi\eta_0}\frac{dK_T}{d\bar{r}} \qquad (20.7.12)$$

sau khi thay các công thức (20.7.12), (20.7.11) vào (20.7.1) và (20.7.2) và tính các tích phân ta được:

$$M_T = \frac{K_T \rho n^2 D^5}{2Z} G_T(\bar{r}_H, \bar{r}_1) \qquad (20.7.13)$$

$$M_Q = \frac{K_Q \rho n^2 D^5}{2Z} G_Q(\bar{r}_H, \bar{r}_1) \qquad (20.7.14)$$

trong đó: G_T và G_Q (Xem H20.11).



Hình 20.11. ***Đồ thị của hàm số G_T, G_Q***

Trong trường hợp khi chỉ hạn chế việc đánh giá ứng suất mặt cắt ở chân thì công thức hoàn toàn đơn giản và chuyển sang dạng:

$$M_T = (1/Z)\ 0{,}238\ K_T \rho\ n^2 D^5 \qquad (20.7.15)$$

$$M_Q = (1/Z)\ 0{,}670\ K_Q \rho\ n^2 D^5 \qquad (20.7.16)$$

Các công thức này cho phép tìm được các trị số trung bình của mômen uốn sau một vòng quay.

Để tính thành phần biến đổi cần phải tính và xây dựng các đường cong biến thiên lực đẩy và mômen trong một vòng quay của chong chóng. Dựa vào các đường đó có thể tính các trị số biên độ dao động của các hệ số lực đẩy và mômen của chong chóng sau một vòng quay:

$$\Delta K_T = (1/2)\ (K_{Tmax} - K_{Tmin}) \qquad (20.7.17)$$

$$\Delta K_Q = (1/2)\ (K_{Qmax} - K_{Qmin}) \qquad (20.7.18)$$

Các mômen uốn của các thành phần lực biến đổi khi chú ý đến (20.7.15) và (20.7.16) ta có:

$$\Delta M_T = \frac{\Delta K_T \rho n^2 D^5}{2Z} G_T(\bar{r}_H, \bar{r}_1) \qquad (20.7.19)$$

$$\Delta M_Q = \frac{\Delta K_Q \rho n^2 D^5}{2Z} G_Q(\bar{r}_H, \bar{r}_1) \qquad (20.7.20)$$

Giả thiết rằng: các ứng suất sinh ra trong cánh khi có tác dụng của các tải trọng biến đổi thì có thể biểu diễn các ứng suất sinh ra trong cánh thay đổi theo chu trình không đối xứng nào đó là tổng ứng suất trung bình của chu trình σ_m và ứng suất biến đổi chu kỳ với biên độ σ_a

Chú ý tới công thức (20.7.4) thì các ứng suất đó là:

$$\sigma_m = \frac{M_T \cos\varphi + M_Q \sin\varphi}{W_x} + \frac{F_u}{S} \qquad (20.7.21)$$

$$\sigma_a = \frac{\Delta M_T \cos\varphi + \Delta M_Q \sin\varphi}{W_x} \qquad (20.7.22)$$

Lúc bấy giờ điều kiện về sức bền tĩnh để đảm bảo không có biến dạng dư của vật liệu cánh có thể viết theo dạng:

$$\sigma_s / n_T \geq \sigma_m + \sigma_a \qquad (20.7.23)$$

trong đó: σ_s – giới hạn chảy của vật liệu, n_T – hệ số dự trữ bền, trị số của nó phụ thuộc vào vật liệu của cánh và thay đổi trong khoảng $3{,}1 \div 5{,}5$.

Điều kiện của sức bền chu trình có chú ý đến tính không đối xứng của chu trình viết theo dạng:

$$\sigma_{-1}/n_T \geq \sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_a \sigma_m} \qquad (20.7.24)$$

trong đó: σ_{-1} – giới hạn dẻo của vật liệu, n – hệ số dự trữ sức bền chu trình, nó phụ thuộc loại vật liệu của cánh và thay đổi trong khoảng $3 \div 3{,}6$.

Như đã nói, phương pháp này chỉ đảm bảo kết qủa đáng tin cậy cho các chong chóng cánh hẹp, kết cấu thông thường. Đối với các chong chóng cánh rộng trên các tàu cao tốc thì cách tính toán theo lý thuyết dầm sẽ đem lại nhiều sai lầm khá lớn. Ví dụ, ứng suất lớn nhất không sinh ra ở mặt cắt chân cánh, như đã rút ra được từ lý thuyết dầm mà ở khu vực của các mép đạp của cánh, ở bán kính tương đối $\bar{r} = 0{,}4 \div 0{,}8$. Điều đó được giải thích như sau: lý thuyết dầm không xét tới sức bền cục bộ của cánh chong chóng. Đó là cái cớ để xây dựng các phương pháp chính xác khi dựa vào việc áp dụng lý thuyết vỏ mỏng hoặc phương pháp phần tử hữu hạn. Trong cả hai trường hợp khi xác định ngoại lực cần phải giả thiết sự phân bố các tải trọng không những theo bán kính của cánh chong chóng, mà còn phải theo dây cung, nghĩa là để tính thuỷ động lực cần phải lợi dụng lý thuyết mặt nâng.

Hiện nay, người ta áp dụng khá rộng rãi phương pháp phần tử hữu hạn. Phương pháp này cho phép tạo ra dạng hình học của cánh khá tỉ mỷ và dễ thực hiện trên máy vi tính. Dựa vào nó người ta xây dựng được một loạt các phương pháp tính, được phân biệt với nhau chủ yếu bằng dạng của các phần tử hữu hạn. Trong thực tế phần tử hữu hạn kiểu tam giác được sử dụng rộng rãi hơn cả.

Để tính sức bền tĩnh của cánh chong chóng nên sử dụng các công thức gần đúng của V.M Lavrentiêp để xướng, nó dựa vào việc kiểm tra sức bền tĩnh của cánh chong chóng theo giả thiết tải trọng chỉ phân bố theo bán kính của cánh.

Theo V.M Lavrentiêp sức bền tĩnh của cánh được đặc trưng bằng bất đẳng thức sau:

$$\frac{b}{D} \geq \frac{A}{\delta^{2/3}}$$

trong đó: A – đặc trưng của các kích thước bền và bằng trị số lớn nhất trong các trị số sau:

$$A_P = 0{,}01\sqrt[3]{k_p mT / ZD^2 \sigma_p} \qquad (20.7.25)$$

$$A_d = 0{,}01\sqrt[3]{k_d mT / ZD^2 \sigma_d} \qquad (20.7.26)$$

trong đó: σ_p, σ_d – tương ứng là ứng suất kéo và nén.

δ – chiều dày tương đối của mặt cắt cánh.

m – hệ số phụ thuộc vào điều kiện khai thác và giao động trong khoảng $1{,}15 \div 2{,}0$. Trị số nhỏ cho tàu biển bình thường, trị số lớn cho tàu hoạt động trong vùng có băng.

Các hệ số k_P, k_d lấy theo số liệu trong bảng 20.4

Bảng 20.4. ***Các hệ số k_P, k_d dùng để tính sức bền cánh chong chóng***

$\bar{r}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
k_P	244	211	169	122	80	46	20,5
k_d	320	274	225	164	111	65	29,5

Bảng 9.5. ***Cơ tính vật liệu để chế tạo chong chóng***

Vật liệu	**Giới hạn bền,** ***N/mm²***	**Giới hạn chảy,** ***N/mm²***	**Giới hạn mỏi,** ***N/mm²***
Thép cacbon	438	224	78 – 39
Thép không gỉ	585	438	175 – 88
Hợp kim Đồng – Mangan thép 55 – 3 – 1	438	195	107 – 83
Hợp kim Đồng – Mangan thép 67 – 5 – 2 – 2	605	242	147 – 130
Đồng thanh Niken – Nhôm	605	215	175
Mangan – Nhôm: Heba – 60 Heba – 70	605 685	272 292	175 – 165 175 – 165

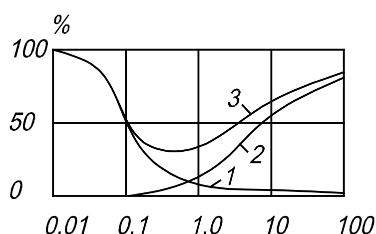
Chương 21
PHƯƠNG PHÁP NÂNG CAO HIỆU SUẤT CỦA CHONG CHÓNG

21.1. LƯỢNG TIÊU THỤ NĂNG LƯỢNG CỦA THIẾT BỊ ĐẨY VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP GIẢM NÓ.

Thiết bị đẩy biến năng lượng cơ học truyền vào nó thành năng lượng chuyển động tịnh tiến có liên quan đến các tổn thất khi biến năng lượng cũng như khi có sự tương tác giữa thiết bị đẩy với thân tàu. Vì vậy hiệu suất đẩy về nguyên tắc không vượt quá 80%; còn đối với các thiết bị đẩy nặng tải có thể chiếm 50%; từ 20 ÷ 50% năng lượng truyền vào thiết bị đẩy đều bị bỏ phí.

Như đã thấy từ lý thuyết thiết bị đẩy lý tưởng và chong chóng nguồn tổn thất chính khi thiết bị đẩy lý tưởng độc lập làm việc là những tổn thất để tạo ra tốc độ cảm ứng (tổn thất cảm ứng), mà trị số của chúng phụ thuộc vào hệ số tải trọng và sự phân bố tốc độ cảm ứng trên đĩa thiết bị đẩy; cũng như các tổn thất prôphin sinh ra do ảnh hưởng của chất lỏng nhớt đối với dòng bao cánh và củ.

Hệ số tải trọng của chong chóng theo lực đẩy (Xem H21.1) đóng vai trò chủ yếu đối với trị số tổn thất. Khi hệ số tải trọng rất bé thì các tổn thất cảm ứng rất thấp và nguồn tổn thất chính là tổn thất prôphin. Khi hệ số tải trọng lớn, vai trò chính là tổn thất để tạo ra tốc độ cảm ứng hướng tàu. Đường cong tổng tổn thất có điểm cực tiểu đạt được khi thiết bị đẩy có tải trọng tối ưu, mà trong trường hợp này hiệu suất làm việc lớn nhất.



Hình 21.1. ***Các tổn thất phụ thuộc vào hệ số tải tính theo lực đẩy.***

Từ lý thuyết thiết bị đẩy và chong chóng ta thấy rằng để tạo ra lực đẩy (lực kéo) chỉ cần tốc độ cảm ứng hướng trục do đó tổn thất để tạo ra nó là tổn thất không thể tránh. Tất cả các nguồn tổn thất còn lại đều là những tiêu phí của nguồn năng lượng truyền vào chong chóng.

Trước hết tổn thất hướng trục có thể giảm xuống bằng cách giảm hệ số tải trọng của thiết bị đẩy. Để giảm tổn thất cảm ứng người ta cố thiết kế những chong chóng có đường kính tối ưu.

Hiệu suất làm việc cũng có thể tăng lên bằng cách bố trí chong chóng trong những thiết bị đặc biệt - đạo lưu, mà hiện nay được sử dụng rộng rãi trên các tàu. Lượng tổn thất do xoắn dòng chảy có thể giảm đáng kể bằng cách có thể sử dụng một cặp chong chóng đồng trục quay ngược chiều nhau. Hiện nay người ta áp dụng phần đuôi đặc biệt không đối xứng để đồng thời giảm được tổn thất do xoắn dòng. Để giảm tổn thất prôphin cần phải hết sức chú ý đến việc chọn prôphin của cánh và chất lượng gia công bề mặt cánh chong chóng.

Chong chóng làm việc sau thân tàu phải lưu ý tới việc thiết kế, bố trí cả hệ thống nhằm nâng cao hiệu suất ảnh hưởng của thân tàu.

$$\eta_H = \frac{1}{i_Q}\frac{1-t}{1-W_T} \qquad (21.1.1)$$

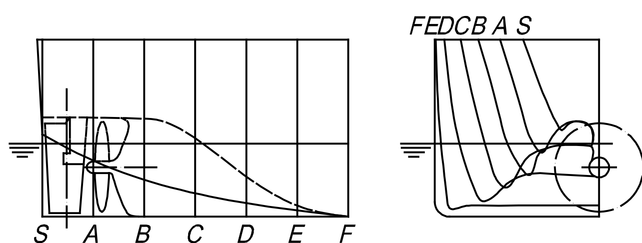
Điều này có thể thực hiện bằng cách giảm hệ số hút t và tận dụng hết mức năng lượng của dòng theo. Trước hết việc đó vẫn đạt được bằng cách thiết kế tin cậy phần đuôi; chọn dạng các sườn đuôi và lặp ghép hợp lý hệ thiết bị đẩy — bánh lái — thân tàu, mà trước tiên là chọn khe hở giữa chong chóng với thân tàu, cũng như với bánh lái. Trong những năm gần đây người ta áp dụng các thiết bị hướng dòng đặc biệt kiểu cánh phẳng lắp trên thân tàu phía trước chong chóng và có hiệu quả nhất là trên các tàu lắp hai chong chóng.

Yếu tố khác có tác dụng tốt tới hiệu suất ảnh hưởng của thân tàu là đặt các chong chóng của tàu hai trục gần mặt phẳng đối xứng và áp dụng sơ đồ các chong chóng phủ lẫn nhau để có thể lợi dụng hết mức năng lượng của dòng theo.

21.2. VIỆC ÁP DỤNG CHONG CHÓNG CÓ ĐƯỜNG KÍNH TĂNG THÊM KHI VÒNG QUAY GIẢM XUỐNG.

Khi thiết kế chong chóng việc lựa chọn vòng quay hợp lý của chong chóng đặc biệt đối với những tàu lắp động cơ đốt trong, thường gặp mối quan hệ phức tạp giữa công suất động cơ và vòng quay của nó, vì nó cho phép truyền trực tiếp công suất vào chong chóng. Trong nhiều trường hợp huynh hướng đó dẫn đến chong chóng có hệ số tải trọng lớn, hiệu suất làm việc và hiệu suất đẩy tương ứng thấp. Trong những trường hợp này có thể tăng hiệu suất làm việc bằng cách tăng đường kính chong chóng, đồng thời giảm vòng quay của nó để có thể nâng cao hiệu quả của thiết bị đẩy bằng cách giảm hệ số tải trọng.

Tuy nhiên lại gặp phải vấn đề bảo vệ chong chóng có đường kính lớn để không khí không thể lọt vào cánh, đặc biệt đối với những tàu có chiều chìm hạn chế và khi tàu chạy ở chế độ dằn. Để phòng tránh hiện tượng đó người ta phải chế tạo những vòm đuôi có hình dáng đặc biệt, một trong các phương pháp đó (Xem H21.2). Ở đây chong chóng nằm trong hầm mà khi chong chóng làm việc toàn bộ thể tích của hầm ngập đầy nước, mà dòng nước chảy vào sẽ chảy từ dưới đáy lên, nên tránh được không khí từ mặt thoáng lọt vào hầm. Giải pháp kết cấu đó là một vấn đề hết sức phức tạp là vì khi tăng đường kính chong chóng và thay đổi hình dáng phần đuôi lực cản của tàu và các đặc tính tương tác của thân tàu với hệ thiết bị đẩy — bánh lái thay đổi.



Hình 21.2. ***Sơ đồ vòm đuôi của tàu.***

Chong chóng được thiết kế theo lực đẩy đã biết, như đã trình bày, thoả mãn:

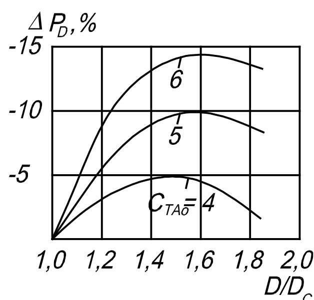
$$D\sqrt{n} = const\sqrt[4]{T} \qquad (21.2.1)$$

Từ đó ta thấy rằng khi lực đẩy đã biết T sự thay đổi vòng quay khi thay đổi đường kính không thể tuỳ tiện và phải xác định theo công thức $n/n_0 = 1/(D/D_0)^2$. Ở đây D_0 và n_0 là đường kính và vòng quay ban đầu. Việc thoả mãn điều kiện này sẽ đảm bảo có hiệu suất làm việc lớn nhất.

Như các kết quả thử mô hình tàu tự chạy bằng việc lắp các chong chóng có đường kính khác nhau cho biết, lượng tăng hiệu suất đẩy không tuân theo lượng tăng hiệu suất làm việc của chong chóng, mà từ từ giảm xuống và đạt đến giới hạn khi D/D_0 nào đó phụ thuộc vào tính chất thay đổi của hệ số tương tác (hệ số hút liên tục tăng, hệ số

dòng theo có chiều hướng ổn định). Do tăng lực cản của tàu vì hình dạng phần đuôi thay đổi nên việc tăng hiệu suất đẩy chỉ có thể xảy ra tới một giới hạn nào đó.

Hiệu quả áp dụng chong chóng vòng quay thấp phụ thuộc vào trị số ban đầu của hệ số tải trọng C_{TAo}. Chỉ có thể đạt được lượng giảm công suất rõ rệt trong trường hợp khi $C_{TAo} > 3,0$ (Xem H21.3).



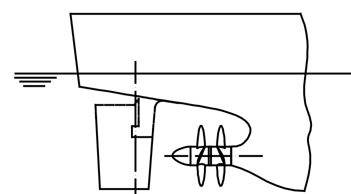
Hình 21.3. ***Lượng tiết kiệm công suất khi thay đổi đường kính chong chóng***

Các thí nghiệm cho thấy rằng chong chóng tối ưu khi xét đến sự tương tác khi $D/T \approx 0,70 \div 0,75$ và hệ số tải trọng $C_{TA} \approx 1,5 \div 2,0$.

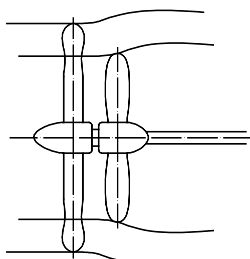
Do giảm vòng quay của chong chóng mômen xoắn tăng lên nên cần phải tăng đường kính của chong chóng và thay đổi kết cấu của ống bao trục và sống đuôi; khối lượng chong chóng và trục tăng lên, cũng như tăng thêm chấn động phần đuôi thân tàu. Tất cả đều cần có sự gia công kết cấu cẩn thận và lành nghề trong quá trình thiết kế và chế tạo chong chóng.

21.3. VIỆC GIẢM TỔN THẤT DO DÒNG CHẢY BỊ XOẮN.

Như các đợt nghiên cứu đã nêu, các tổn thất do dòng chảy bị xoắn sẽ làm giảm hiệu suất làm việc của thiết bị đẩy $12 \div 18\%$ (có xét cả ảnh hưởng độ nhớt của chất lỏng). Có thể giảm đáng kể lượng tổn thất đó bằng cách áp dụng một cặp các chong chóng đồng trục trái chiều nhau (Xem H21.4). Mỗi chong chóng của cặp nằm riêng một trục sao cho trục chong chóng sau lồng qua trục đặc của chong chóng trước. Nhờ bộ điều khiển đặc biết mômen xoắn của động cơ được truyền sao cho các chong chóng quay ngược chiều nhau (một quay phải, một quay trái). Lực đẩy của cả hệ sẽ bằng tổng lực đẩy của từng chong chóng.

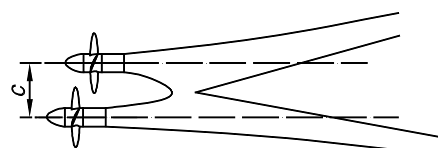

Hình 21.4. ***Các chong chóng đồng trục quay ngược chiều nhau.***

So với chong chóng đơn chiếc các chong chóng đồng trục đã làm giảm đáng kể độ xoắn của dòng chảy. Công suất cần thiết giảm xuống 7% hoặc tăng tốc độ của tàu lên 0,5 hải lý.


Hình 21.5. ***Chong chóng đối dòng quay tự do.***

Phương pháp khác là dựa vào việc đặt đằng sau chong chóng một chong chóng đối dòng quay tự do với đường kính lớn hơn đường kính của chong chóng chính (Xem H21.5). Chong chóng đối dòng phải thiết kế sao cho nó nằm trong dòng chảy của chong chóng làm việc như một tuốc bin vì chong chóng đối dòng quay theo tác dụng của dòng chảy vào nó, còn các phần cánh nằm phía ngoài dòng chảy của chong chóng tạo lên lực đẩy bổ xung (Xem H21.5). Khi chong chóng đối dòng làm việc ở chế đô tuốc bin các tốc độ cảm ứng tiếp tuyến hướng về phía ngược chiều với các tốc độ chính của chong chóng.

Để lợi dụng hết năng lượng của dòng theo trên những tàu hai chong chóng có thể áp dụng các chong chóng chồng dòng (Xem H21.6). Các chong chóng đó đặt lệch nhau. Việc áp dụng chong chóng chồng dòng cho phép tiết kiệm được công suất tới



Hình 21.6. ***Sơ đồ chong chóng chồng dòng.***

13 ÷ 15% trên các tàu cỡ lớn theo phương án bố trí hai trục và tới 7% trên các tàu nhanh.

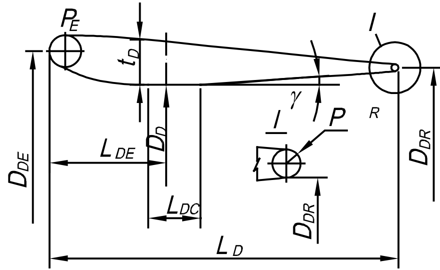
Ngoài ra việc đặt các trục gần nhau có thể chế tạo hệ tuốc bin hai trục vào thành một tổ, từ đó cho phép tăng hiệu suất làm việc của hệ lên 4 ÷ 5% giảm trọng lượng của hệ cơ khí xuống 10 ÷ 15%.

Sơ đồ bố trí các chong chóng kiểu này có nhược điểm là các chong chóng làm việc trong dòng rất không đồng nhất, nến có thể tăng các lực chu kỳ và gây nguy hiểm xâm thực cho chong chóng sau.

Chương 22
CHONG CHÓNG TRONG ĐẠO LƯU

22.1. CÁC ĐẶC TÍNH HÌNH HỌC CỦA HỆ CHONG CHÓNG - ĐẠO LƯU.

Nhằm nâng cao hiệu suất của chong chóng khi nó làm việc với tải trọng trung bình và lớn người ta sử dụng rộng rãi hệ chong chóng - đạo lưu cố định hoặc xoay.



Hình 22.1. ***Prôfin và các đặc tính hình học cơ bản của đạo lưu.***

Đạo lưu là một cánh hình vòng bao lấy chong chóng và các cánh dẫn hướng dòng chảy (Xem H12.6).

Mặt cắt dọc đạo lưu là một prôphin thuỷ động (Xem H22.1), mặt lồi của nó hướng vào phía trong đạo lưu. Các yếu tố hình học chính của đạo lưu: đường kính D_D và bán kính R_D xác định theo mặt cắt hẹp nhất của nó; chiều dài đạo lưu l_D; đường kính mặt cắt cửa vào D_{DE} và cửa ra D_{DR}; chiều dày lớn nhất của prôphin đạo lưu t_{Dmax} và góc mở cửa ra của đạo lưu γ; khoảng cách từ mép cửa vào của prôphin đạo lưu đạo lưu tới mặt đĩa của chong chóng l_{DE}; khe hở giữa đỉnh cánh chong chóng và thành trong đạo lưu $\Delta = R_D - R$, (R — là bán kính của chong chóng).

Để đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố hình học của đạo lưu tới các đặc tính thuỷ động lực của cả hệ người ta sử dụng các thông số không thứ nguyên: hệ số mở vào $\alpha = (D_{DE}/D_D)^2$, hệ số mở ra $\beta = (D_{DR}/D_D)^2$, chiều dài tương đối của đạo lưu $\overline{l_D} = l_D/D_D$, chiều dài tương đối của đĩa chong chóng với mép vào l_{DE}/l_D, chiều dày tương đối lớn nhất của prôphin $\delta_D = t_{D\,max}/l_D$, chiều dài tương đối của đoạn hình trụ tròn l_{DC}/l_D.

Các đặc tính hình học không thứ nguyên của đạo lưu thường thay đổi trong các giới hạn sau đây:

$$\overline{l_D} = 0{,}6 \div 0{,}8\,;\ \alpha = 1{,}32 \div 1{,}39\,;\ \beta = 1{,}12 \div 1{,}15\,;\ l_{DE}/l_D = 0{,}35 \div 0{,}375\,;\ t_{D\,max} = 0{,}125 l_D.$$

Chong chóng nằm trong mặt cắt hẹp nhất của đạo lưu với khe hở nhỏ, cụ thể trị số trung bình của $\Delta/R = 1{,}0 \div 1{,}4\%$.

Đạo lưu thường ngàm cứng vào thân tàu, trong trường hợp này gọi là đạo lưu cố định. Đạo lưu quay cũng được áp dụng rộng rãi, nó làm thiết bị đẩy đồng thời thay thế bánh lái của tàu và là bộ phận điều khiển tàu.

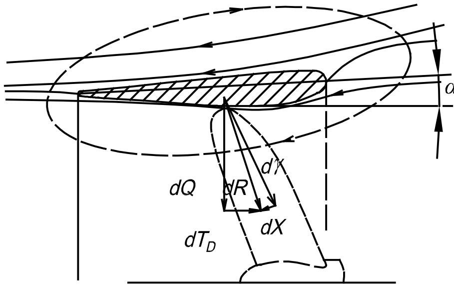
Việc áp dụng chong chóng đặt trong đạo lưu dùng cho cả cho đuôi vòm. Đạo lưu thường được chế tạo bằng thép tấm được hàn lại thành vỏ và có các khung xương ngang dọc của đạo lưu. Đối với tàu nhỏ đôi khi đạo lưu được làm bằng gỗ.

22.2. CÁC ĐẶC TÍNH ĐỘNG HỌC, ĐỘNG LỰC HỌC, CƠ THUỶ HỌC CỦA HỆ CHONG CHÓNG - ĐẠO LƯU.

Khi chong chóng làm việc trong đạo lưu ở giới hạn qui định, hiệu suất làm việc của cả hệ sẽ cao hơn hiệu suất làm việc của chong chóng đơn độc. Mỗi phần tử của đạo lưu

là phần tử cánh được bao bởi dòng chảy ở góc tới α, do đó trên prôphin xuất hiện lực nâng dY và lực cản prôphin dX (Xem H22.2). Tổng lực thuỷ động dR trên prôphin bằng tổng của dY và dX; khi tải trọng lớn nó hướng theo chiều chuyển động và cho thành phần lực đẩy dT_D, lực này cũng hướng về phía chuyển động do phần tử đang xét tạo ra. Lực đẩy của hệ chong chóng - đạo lưu được viết:

$$T_T = T + T_D \qquad (22.2.1)$$



Hình 22.2. ***Sơ đồ lực tác dụng lên phần tử của đạo lưu.***

Khi tăng tải trọng độ xiên của dòng chảy tăng lên đồng thời góc tới cũng tăng, khiến lực đẩy của đạo lưu tăng thêm. Đạo lưu tạo lên lực đẩy khoảng 40 ÷50% lực đẩy của cả hệ ở chế độ buộc và 30 ÷ 40% trên các tàu kéo khi kéo hàng, khiến nâng cao đáng kể các đặc tính đẩy của cả hệ.

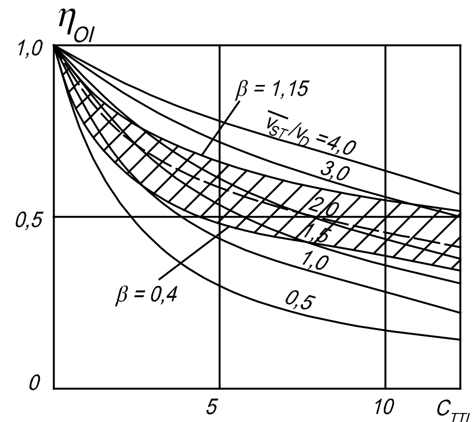
Tính chất quan trọng khác là đạo lưu làm thay đổi tốc độ trung bình của dòng chất lỏng $\bar{v}_{ST}$ qua mặt cắt thuỷ lực của thiết bị đẩy ở nơi đặt nó. Đạo lưu có thể tạo ra dòng chảy tăng tốc, trung bình hoặc giảm tốc. Kiểu đạo lưu về cơ bản được xác định bằng hệ số mở cửa ra, mà đối với đạo lưu trung bình trị số của nó phụ thuộc vào tải trọng và thay đổi từ $\beta \cong 0,85$ cho C_{TTI} = 1,0 đến $\beta \cong 0,88$ cho C_{TTI} = 10. Đối với đạo lưu tăng tốc $\beta>\beta_{trung\ bình}$, còn đối với đạo lưu giảm tốc $\beta<\beta_{trung\ bình}$. Hiệu suất làm việc cảm ứng của cả hệ có thể biểu diễn qua tốc độ trung bình $\bar{v}_{ST}$ theo công thức của B.M. Лаьреипеь (xem chương 15).

$$\eta_{OI} = \frac{1}{1+(1/4)C_{TTI}\left(v_D/\bar{v}_{ST}\right)} \qquad (22.2.2)$$

Trong đó: C_{TTI} — hệ số tải trọng của cả hệ theo lực đẩy,

v_D — tốc độ tịnh tiến của hệ.

Đối với chong chóng đơn độc tỷ số $\bar{v}_S/v_A$ chỉ phụ thuộc vào hệ số tải trọng, còn đối với chong chóng đạo lưu tỷ số đó còn phụ thuộc vào hệ số β. Hình 22.3 trình bày đường cong hiệu suất làm việc cảm ứng phụ thuộc vào hệ số tải trọng ở các tỷ số $\bar{v}_{ST}/v_D$ khác nhau. Vùng gạch chéo là vùng biến đổi β thường gặp trong thực tế, β từ 1,15 (đạo lưu tăng tốc) tới 0,4 (giảm tốc). Đường gián đoạn là hiệu suất làm việc phụ thuộc và C_{TTI} cho đạo lưu trung bình. Từ các số liệu này cần thấy rằng việc áp dụng các đạo lưu tăng tốc cho phép nâng cao hiệu suất làm việc cảm ứng η_{OI} so với loại trung bình η_I, trong đó càng tăng hệ số tải trọng tỷ số η_{OI}/η_I càng tăng.



Hình 22.3. ***Đường cong hiệu suất làm việc của chong chóng lý tưởng và hệ chong chóng-đạo lưu phụ thuộc vào hệ số tải và tỉ số*** V_{ST}/V_D

Cuối cùng ta nhận thấy rằng khi chong chóng làm việc trong đạo lưu với khe hở rất bé dòng chất lỏng chảy qua đỉnh cánh giảm đáng kể và hiệu suất làm việc cảm ứng tương ứng tăng lên.

Các thí nghiệm cho biết rằng lượng tăng hiệu suất làm việc thực tế của hệ chong chóng đơn độc xảy ra khi C_{TT} > 2. Càng tăng C_{TT} hiệu quả của hệ tăng lên. Ví dụ khi C_{TT} = 6,0 hiệu suất làm việc cả hệ cao hơn hiệu suất của chong chóng đơn độc 15 ÷

17%. Chính những điều đó mà đạo lưu không những được áp dụng rộng rãi trên các tàu kéo, đánh cá mà cả trên các tàu hàng cỡ lớn.

Thông số động học cơ bản mà chế độ làm việc của hệ phụ thuộc vào đó là bước tiến tương đối của hệ J_D được xác định theo tốc độ tịnh tiến của hệ so với chất lỏng:

$$J_D = \frac{v_D}{nD} = \frac{v(1 - W_D)}{nD} \qquad (22.2.3)$$

Trong đó: v — tốc độ của tàu; W_D — hệ số dòng theo tính toán xác định bằng thực nghiệm.

Đặc tính động lực của hệ gồm lực đẩy của hệ T_T, lực đẩy của chong chóng T và lực đẩy của đạo lưu T_D.

$$T_T = T + T_D = T(1+t_D) \qquad (22.2.4)$$

$t_D = T_D/T$ — gọi là hệ số hút của đạo lưu.

Khi hệ làm việc sau thân tàu lực cản của tàu tăng thêm một lượng bằng lực hút ΔR, thực vậy

$$T_T = T_E + \Delta R \qquad (22.2.5)$$

Trong đó: T_E — lực kéo có ích.

Khi có sự tương tác giữa hệ với thân tàu, hệ số hút được tính như sau:

$$t_T = \frac{\Delta R}{T_T} = \frac{T - T_E}{T_T} = 1 - \frac{T_E}{T + T_D} \qquad (22.2.6)$$

Từ đó có thể nhận được:

$$\left.\begin{aligned} T_T &= T_E/(1 - t_T) \\ T_E &= T_T(1 - t_T) = T(1 + t_D)(1 - t_T) \end{aligned}\right\} \qquad (22.2.7)$$

Hiệu quả sử dụng công suất truyền vào chong chóng được xác định bằng hiệu suất làm việc trong nước tự do của hệ.

$$\eta_{OD} = \frac{T_T v_D}{Q_T \Omega} = \frac{(T + T_D)v_D}{Q_T\, 2\pi n} \qquad (22.2.8)$$

Trong đó: Q_T — mômen xoắn trên chong chóng khi làm việc trong đạo lưu.

Hiệu suất đẩy của hệ chong chóng - đạo lưu - thân tàu được tính theo công thức:

$$\eta_D = T_E v/(Q_{TB}\Omega) \qquad (22.2.9)$$

Trong đó: Q_{TB} — mômen xoắn trên chong chóng khi hệ làm việc sau thân tàu.

Khi chú ý đến mối quan hệ giữa v và v_D, giữa T_E và T ta nhận được:

$$\eta_D = \frac{1}{i_Q}\frac{1 - t_T}{1 - W_D}\eta_{OD} = \frac{1}{i_Q}\eta_{HD}\eta_{OD} \qquad (22.2.10)$$

Trong đó: $\eta_{HD} = (1 - t_T)/(1 - W_D)$ - hiệu suất ảnh hưởng của thân tàu; i_Q — hệ số ảnh hưởng của trường tốc độ không đồng đều tới mômen của chong chóng.

Các đặc tính của hệ được biểu diễn dưới dạng không thứ nguyên, bằng cách chia tất cả các lực cho $\rho n^2 D^4$ với mômen cho $\rho n^2 D^5$, ta có:

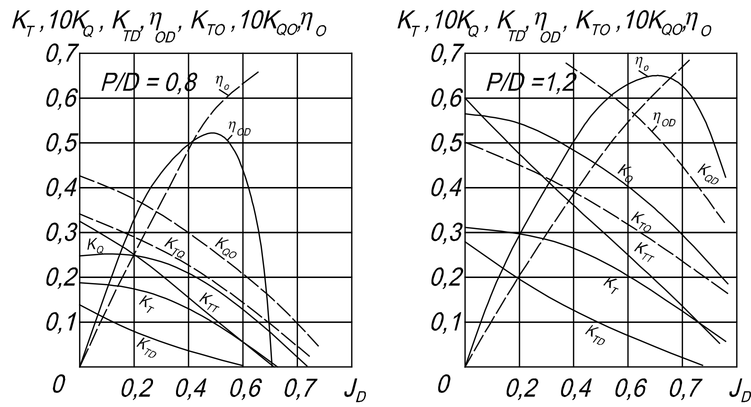
$$K_{TT} = K_T + K_{TD} = K_T(1 + t_D) \qquad (22.2.11)$$

Trong đó: K_T — hệ số lực đẩy của chong chóng; K_{TD} — hệ số lực đẩy của đạo lưu.

Hiệu suất của hệ:

$$\eta_{OD} = \frac{K_{TT}}{K_Q}\frac{J_D}{2\pi} = \frac{K_T + K_{TD}}{K_Q}\frac{J_D}{2\pi} \qquad (22.2.12)$$

Các công thức trên đều xác định bằng thí nghiệm. Hình 22.4 trình bày các kết quả thể hệ độc lập trong nước tự do. Người ta thử hai chong chóng với Z = 4; A_E/A_0 = 0,55; P/D = 0,8 và 1,2 trong đạo lưu $\bar{l}_D = 0,6$; α = 1,32; β = 1,12.



Hình 22.4. ***Các đường cong làm việc của hệ chong chóng- đạo lưu trong nước tự do***

______ hệ chong chóng- đạo lưu

— — — chong chóng đơn độc

22.3. ĐẶC ĐIỂM THIẾT KẾ HỆ CHONG CHÓNG - ĐẠO LƯU.

Hiện nay người ta áp dụng ba phương pháp thiết kế hệ chong chóng đạo lưu:

Theo kết quả thử hàng loạt các mô hình của hệ trong nước tự do có các đặc điểm hình học và kết cấu khác nhau.

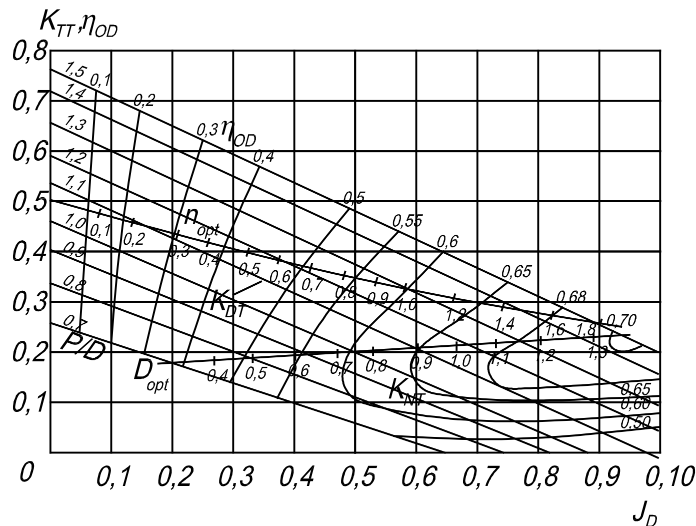
Theo các đồ thị thử hàng loạt mô hình chong chóng làm việc độc lập.

Theo lý thuyết xoáy.

Trong mục này ta chỉ xét phương pháp thứ nhất.

Người ta đã xây dựng được các đồ thị dành cho việc thiết kế chong chóng - đạo lưu để xác định các phần tử tối ưu của hệ đẩy, tương tự như các đồ thị của chong chóng tự do.

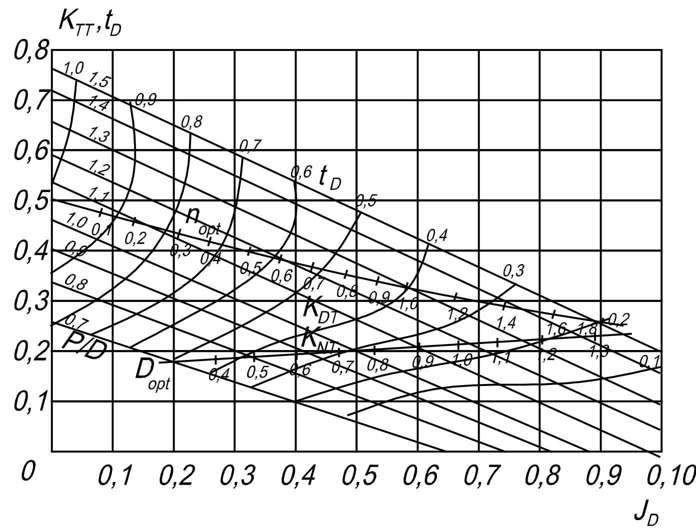
Hình 22.5 trình bày theo kết quả thử hệ trong nước tự do có $A_E/A_0 = 0,58$, tỷ số bước thay đổi từ 0,7 ÷ 1,5, cánh chong chóng hình lưỡi đao, khe hở tương đối bằng 0,01; hệ số lực đẩy $K_{TT} = K_T + K_{TD}$ phụ thuộc J_D khi tỷ số bước P/D cố định.



Hình 22.5. ***Đồ thị để tính các đặc tính thuỷ động lực của hệ chong chóng- đạo lưu***

$Z = 4$; $A_E/A_o = 0,58$; $l_D = 0,60$; $\alpha = 1,32$; $\beta = 1,12$; $l_{DE}/l_D = 0,35$; $l_{DC}/l_D = 0,19$; $\delta_D = 0,125$

Hình 22.6 trình bày cho đạo lưu và nhóm chong chóng đó, trên đó có vẽ đường cong hệ số hút t_D của đạo lưu.



Hình 22.5. ***Đồ thị để tính hệ số hút t_D của hệ chong chóng- đạo lưu***

$Z = 4$; $A_E/A_o = 0,58$; $l_D = 0,60$; $\alpha = 1,32$; $\beta = 1,12$; $l_{DE}/l_D = 0,35$; $l_{DC}/l_D = 0,19$; $\delta_D = 0,125$

Để tìm đường kính tối ưu hoặc vòng quay tối ưu của chong chóng trên đồ thị còn có các đường D_{opt} và n_{opt}.

Các trị số tính toán:

$$K_{DT} = v_D D\sqrt{\rho/T_T} = J_D\Big/\sqrt{K_{TT}}\ , \qquad (22.3.1)$$

để tính n_{opt}

$$K_{NT} = \left(v_D\Big/\sqrt{n}\right)\sqrt[4]{\rho/T_T} = J_D\Big/\sqrt[4]{K_{TT}}\ , \qquad (22.3.2)$$

để tính D_{opt}.

Các hệ số tương tác cho kết quả khá chính xác trong quá trình thử mô hình. Trong các giai đoạn thiết kế ban đầu ta có thể sử dụng:

Đối với tàu một trục:

$$\left.\begin{array}{l} W_D = 0,7W_T;\ t_T = 0,7t \text{ khi } \gamma \le 30^0; \\ W_D = 0,8W_T;\ t_T = t \quad \text{ khi } \gamma > 30^0; \end{array}\right\} \qquad (22.3.3)$$

Đối với tàu hai trục:

$$\left.\begin{array}{ll} W_D = (1,1 \div 1,2)W_T;\ t_T = t & \text{khi } \varphi = 5 \div 10^0; \\ W_D = (1,1 \div 1,2)W_T;\ t_T = (1,1 \div 1,15)t & \text{khi } \varphi = 10 \div 15^0; \end{array}\right\} \qquad (22.3.4)$$

Ở đây: γ - góc giữa tiếp tuyến với nhánh đường nước đuôi và mặt phẳng đối xứng của tàu nơi đặt đạo lưu; φ - góc giữa trục đạo lưu và tiếp tuyến với đường cắt dọc tại nơi đặt đạo lưu; hệ số i_Q được lấy bằng 30.

Lực kéo có ích T_E và tốc độ v của tàu theo quan hệ:

$$T_E = T_E/(1 — t_T);\ v_D = v(1 — W_D); \qquad (22.3.5)$$

Đối với hệ chong chóng - đạo lưu nên lấy D_{opt} nhỏ nhất nếu được, còn n_{opt} — lớn nhất.

Trên đồ thị ta xác định được J; P/D và J_{OD} để có thể tính:

$$D_{opt} = v_D/(nJ_D) \text{ hoặc } n_{opt} = v_D/(DJ_D) \qquad (22.3.6)$$

và cuối cùng tính hiệu suất đẩy, cũng như công suất tiêu thụ:

$$\eta_D = \left[(1 - t_T)/(1 - W_D)\right]\eta_{OD};\ P_D = T_E v/\eta_D \qquad (22.3.7)$$

Tương tự có thể giải được bài toán chọn các yếu tố tối ưu của chong chóng trong đạo lưu tìm tốc độ lớn nhất của tàu khi sử dụng hết công suất dự kiến.

Sự xâm thực của chong chóng trong đạo lưu phụ thuộc vào hình dáng của đạo lưu và tải trọng của hệ. Đối với những đạo lưu dùng cho tàu cao tốc thường hệ số tải trọng $C_{TT} = 2 \div 3$ các điều kiện phát triển xâm thực của chong chóng trong đạo lưu so với chong chóng độc lập hầu như giống nhau. Khi $C_{TT} \leq 2,2$ khả năng xâm thực đối với chong chóng trong đạo lưu dễ dàng hơn, nên cần tăng tỷ số đĩa cho chong chóng trong đạo lưu so với chong chóng độc lập. Khi $C_{TT} > 3,0$ khả năng xuất hiện xâm thực giảm bớt nên có thể giảm tỷ số đĩa của chong chóng trong đạo lưu.

Đối với những tải trọng tương đối bé tỷ số đĩa của chong chóng trong đạo lưu có thể tìm theo công thức gần đúng:

$$\sigma_0\left(A_E/A_0\right) = 1,2 + 1,14C_{TT}\,;\ \ C_{TT} \leq 2,5 \qquad (22.3.8)$$

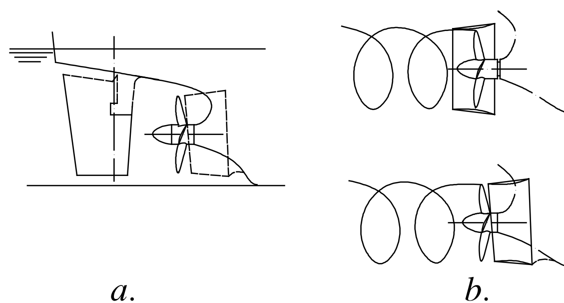
Trong đó: σ_0 — số xâm thực của chong chóng.

Đối với những tàu kéo đẩy, tốc độ $\bar{v}_{ST}$ nhỏ hơn $\bar{v}_S$ bằng cách sử dụng các chong chóng đạo lưu cho phép tránh được nguồn gốc xảy ra xâm thực.

Hệ chong chóng đạo lưu đã có thêm bước tiến mới bằng cách áp dụng những đạo lưu không đối xứng trục (méo). Cơ sở tính toán lý thuyết cho loại này được B.K. Турбалб xây dựng. Trên những đạo lưu này mỗi một phần tử của mặt cắt được đặt nghiêng với trục chong chóng một góc riêng có trị số phụ thuộc vào trường tốc độ tại nơi đặt đạo lưu. Hình dạng mặt cắt cửa vào và ra gần giống enlíp, trong đó trục lớn của cửa vào đặt vuông góc với mặt phăng đối xứng của tàu; trục lớn của cửa ra vuông góc với mặt phẳng đường nước. Loại đạo lưu này làm đồng đều đáng kể trường tốc độ theo chu vi, nhờ đó giảm được hệ số hút của hệ và chủ yếu giảm được các lực và mômen chu kỳ tác dụng lên chong chóng.

Cần chú ý rằng đạo lưu có nhiều nhược điểm trong khai thác. Đặc biệt khi rêu hà bám đạo lưu, chong chóng nhanh chóng trở thành nặng tải, kèm theo giảm hiệu suất làm việc của hệ, giảm vòng quay của chong chóng và tốc độ của tàu. Khi hệ làm việc gần mặt thoáng có thể gây nên xâm thực khí quyển cho đạo lưu, nghĩa là không khí lọt vào chong chóng. Đạo lưu giảm khả năng điều động tàu, nhất là khi chạy lùi.

Trong những năm gần đay người ta còn áp dụng trên các tàu, trong số đó có cả những tàu cỡ lớn các đạo lưu đặt trước chong chóng. Một trong các sơ đồ đó (Xem H22.7.a). Đạo lưu trước chong chóng nâng cao được hiệu suất đẩy nhờ có lực đẩy bổ xung do đạo lưu tạo ra, bằng cách giảm lực cản thân tàu do cải thiện được dòng bao phần đuôi tàu và san đều được dòng chảy vào chong chóng. Việc lắp đặt đạo lưu trước chong chóng cho phép tiết kiệm được 5 ÷ 7% công suất. Ngoài ra ở phần giữa đạo lưu không bị rỗ do các xoáy đỉnh (Xem H22.7.b). Tuy vậy hiệu quả của chúng nói chung thấp hơn hiệu quả của những đạo lưu có kết cấu thông thường.



Hình 22.7. ***Sơ đồ bố trí đạo lưu trước chong chóng***

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. СПРАВОЦНИК ПО ТЕОРИИ КОРАБЛЯ – 1
Я.И. ВОЙТКУНСКИЙ
2. СОПРОТИВ1ЕНИЕ ДВИЖЕНИЮ СYДОВ
Я.И. ВОЙТКУНСКИЙ
3. СУДОВЫЕ ДВИЖИТЕЛИ
А.А. РУСЕЦКИЙ
Л.С. АЧКИНАДЗЕ
4. ТЕОРИЯ И РАСЦЕТ ГРЕБНЫХ ВИНТОВ
А.М. БАСИН